



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년09월24일

(11) 등록번호 10-1555481

(24) 등록일자 2015년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01G 4/38 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0152753

(22) 출원일자 2013년12월10일

심사청구일자 2013년12월10일

(65) 공개번호 10-2014-0101278

(43) 공개일자 2014년08월19일

(30) 우선권주장

JP-P-2013-023272 2013년02월08일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문현

JP2012195428 A

JP2007329188 A

(73) 특허권자

다이요 유덴 가부시키가이샤

일본국 도쿄도 다이토구 우에노 6쵸메 16반 20고

(72) 발명자

타케 요시나리

일본국 도쿄도 다이토구 우에노 6쵸메 16반 20고

다이요 유덴 가부시키가이샤 내

마스다 히데토시

일본국 도쿄도 다이토구 우에노 6쵸메 16반 20고

다이요 유덴 가부시키가이샤 내

(74) 대리인

이창범, 박준용

전체 청구항 수 : 총 6 항

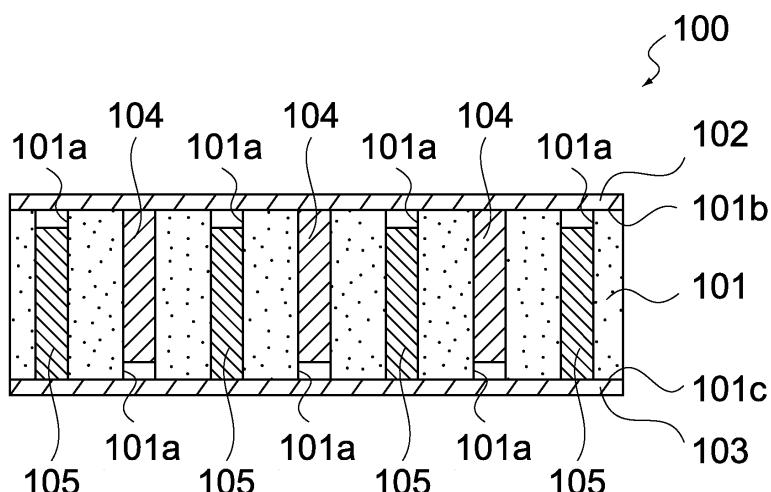
심사관 : 전한철

(54) 발명의 명칭 콘덴서 및 콘덴서의 제조 방법

**(57) 요 약**

본 발명의 목적은 내전압 특성이 뛰어난 포러스 콘덴서 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.

본 발명에 따른 콘덴서는 유전체층과, 제1 외부 전극층과, 제2 외부 전극층과, 제1 내부 전극과, 제2 내부 전극을 구비한다. 유전체층은 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지고, 제1 면과, 제1 면과 반대측의 제2 면과, 제1 면과 제2 면에 연통하는 복수의 관통공을 구비한다. 제1 외부 전극층은 제1 면에 배설된다. 제2 외부 전극층은 제2 면에 배설된다. 제1 내부 전극은 복수의 관통공에 형성되고 제1 외부 전극층에 접속된다. 복수의 관통공 중 적어도 일부는 유전체층의 표층부 또는 중앙부 중 적어도 하나에서 불규칙적인 배열을 가진다.

**대 표 도 - 도2**

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

결정(結晶) 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지고, 제1 면과, 상기 제1 면과 반대측의 제2 면과, 상기 제1 면과 상기 제2 면에 연통(連通)하는 복수의 관통공을 구비하는 유전체층;

상기 제1 면에 배설(配設)된 제1 외부 전극층;

상기 제2 면에 배설된 제2 외부 전극층;

상기 복수의 관통공에 형성되고 상기 제1 외부 전극층에 접속된 제1 내부 전극; 및

상기 복수의 관통공에 형성되고 상기 제2 외부 전극층에 접속된 제2 내부 전극;

을 구비하되,

상기 복수의 관통공 중 적어도 일부는 상기 유전체층의 표층부 또는 중앙부 중 적어도 하나에서 불규칙적인 배열을 가지는 것인 콘덴서.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 유전체층은 양극 산화 작용에 의해 관통공이 발생하는 재료로 이루어지는 콘덴서.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 유전체층은 산화알루미늄으로 이루어지는 콘덴서.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 유전체층은  $\alpha$  상(相),  $\theta$  상,  $\delta$  상 및  $\gamma$  상 중 어느 하나의 결정상을 가지는 산화알루미늄으로 이루어지는 콘덴서.

#### 청구항 5

금속을 산화하는 것에 의해 복수의 관통공을 포함하는 금속산화물을 형성하고,

상기 금속산화물을 가열하여 상기 금속산화물을 결정화하고,

상기 복수의 관통공에 제1 내부 전극 및 제2 내부 전극을 형성하고,

상기 제1 내부 전극에 접속하는 제1 외부 전극층과, 상기 제2 내부 전극에 접속하는 제2 외부 전극층을 상기 금속산화물 상에 배설하되,

상기 복수의 관통공 중 적어도 일부는 상기 금속 산화물의 표층부 또는 중앙부 중 적어도 하나에서 불규칙적인 배열을 가지는 것인 콘덴서의 제조 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 금속산화물은 산화알루미늄이며,

상기 금속산화물을 결정화하는 공정에서는 상기 산화알루미늄을  $800^{\circ}\text{C}$  이상으로 가열하는 콘덴서의 제조 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

본 발명은 포러스 콘덴서에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 최근 새로운 타입의 콘덴서로서 포러스 콘덴서가 개발되고 있다. 포러스 콘덴서는 알루미늄 등의 금속 표면에 형성되는 금속산화물이 포러스[세공(細孔)의 관통공] 구조를 형성하는 성질을 이용하여 포러스 내에 내부 전극을 형성하고 금속산화물을 유전체로 한 콘덴서이다.

[0003] 유전체의 표면 및 이면(裏面)에는 각각 외부 도전체가 적층되고, 포러스 내에 형성되는 내부 전극은 표면의 외부 도전체와 이면의 외부 도전체 중 어느 일방(一方)에 접속된다. 내부 전극과 접속되지 않는 측의 외부 도전체와의 사이는 공극(空隙) 또는 절연성 재료에 의해 절연된다. 이에 의해 내부 전극은 유전체를 개재하여 대향하는 대향 전극[정극(正極) 또는 부극(負極)]으로서 기능한다.

[0004] 예컨대 특허문현 1 및 특허문현 2에는 이와 같은 구성을 가지는 포러스 콘덴서가 개시되어 있다. 이를 특허문현에서도 포러스 내에 내부 전극이 형성되고, 내부 전극의 일단(一端)은 일방의 도전체에 접속되고, 타단(他端)은 타방(他方)의 도전체와 절연되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0005] (특허문현 0001) 1. 일본 특허 4493686호 공보

(특허문현 0002) 2. 일본 특개 2009-76850호 공보

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 전술과 같이 포러스 콘덴서는 포러스 내에 형성된 내부 전극이 유전체를 개재하여 대향하는 구조로 이루어지지만, 유전체는 금속산화물로 이루어지고 그 구조는 치밀하지 않다. 그렇기 때문에 내부 전극 사이에 위치하는 유전체의 내전압(耐電壓) 특성에 편차가 발생한다는 문제가 있다.

[0007] 이상과 같은 사정을 감안하고, 본 발명의 목적은 내전압 특성이 뛰어난 포러스 콘덴서 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 일 형태에 따른 콘덴서는 유전체층과, 제1 외부 전극층과, 제2 외부 전극층과, 제1 내부 전극과, 제2 내부 전극을 구비한다. 상기 유전체층은 결정(結晶) 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지고, 제1 면과, 상기 제1 면과 반대측의 제2 면과, 상기 제1 면과 상기 제2 면에 연통(連通)하는 복수의 관통공을 구비한다. 상기 제1 외부 전극층은 상기 제1 면에 배설(配設)된다. 상기 제2 외부 전극층은 상기 제2 면에 배설된다. 상기 제1 내부 전극은 상기 복수의 관통공에 형성되고 상기 제1 외부 전극층에 접속된다. 상기 제2 내부 전극은 상기 복수의 관통공에 형성되고 상기 제2 외부 전극층에 접속된다. 상기 복수의 관통공 중 적어도 일부는 상기 유전체층의 표층부 또는 중앙부 중 적어도 하나에서 불규칙적인 배열을 가진다.

### 도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 실시 형태에 따른 콘덴서의 사시도.

도 2는 동(同) 콘덴서의 단면도.

도 3은 동 콘덴서의 유전체층의 사시도.

도 4는 동 콘덴서의 유전체층의 단면도.

도 5는 동 콘덴서의 유전체층이 되는 금속산화물의 XRD측정 결과를 도시하는 도면.

도 6은 동 콘덴서의 절연 내압 시험의 결과를 도시하는 도면.

도 7은 동 콘덴서의 제조 프로세스를 도시하는 모식도.

도 8은 동 콘덴서의 제조 프로세스를 도시하는 모식도.

도 9는 동 콘덴서의 제조 프로세스를 도시하는 모식도.

도 10은 동 콘덴서의 제조 프로세스를 도시하는 모식도.

도 11은 동 콘덴서의 제조 프로세스를 도시하는 모식도.

도 12는 동 콘덴서의 제조 프로세스를 도시하는 모식도.

도 13은 동 콘덴서의 유전체층에서의 관통공의 배열을 도시하는 단면도.

도 14는 동 콘덴서의 유전체층에서의 관통공의 배열을 도시하는 단면도.

도 15는 동 콘덴서의 유전체층에서의 관통공의 배열을 도시하는 단면도.

도 16은 동 콘덴서의 유전체층에서의 관통공의 배열을 도시하는 단면도.

도 17은 동 콘덴서의 유전체층에서의 관통공의 배열을 도시하는 단면도.

도 18은 동 콘덴서의 유전체층에서의 관통공의 배열을 도시하는 단면도.

도 19는 동 콘덴서의 유전체층에서의 관통공의 배열을 도시하는 단면도.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 본 발명의 일 실시 형태에 따른 콘덴서는 유전체층과 제1 외부 전극층과 제2 외부 전극층과 제1 내부 전극과 제2 내부 전극을 구비한다. 상기 유전체층은 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지고, 제1 면과, 상기 제1 면과 반대측의 제2 면과, 상기 제1 면과 상기 제2 면에 연통하는 복수의 관통공을 구비한다. 상기 제1 외부 전극층은 상기 제1 면에 배설된다. 상기 제2 외부 전극층은 상기 제2 면에 배설된다. 상기 제1 내부 전극은 상기 복수의 관통공에 형성되고 상기 제1 외부 전극층에 접속된다. 상기 제2 내부 전극은 상기 복수의 관통공에 형성되고 상기 제2 외부 전극층에 접속된다.

[0011] 이 구성에 의하면, 제1 내부 전극과 제2 내부 전극은 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지는 유전체층을 개재하여 대향한다. 결정 구조를 가지는 금속산화물은 결정 구조를 가지지 않는(즉 어모페스 구조의) 금속산화물보다 치밀하기 때문에 제1 내부 전극과 제2 내부 전극 사이에서 내전압 특성의 편차가 발생하지 않아 콘덴서의 내전압 특성을 향상시키는 것이 가능하다. 또한 결정 구조를 가지는 금속산화물에는 결정 구조만으로 이루어지는 금속산화물과, 어모페스[비정질(非晶質)] 구조에 결정 구조가 존재하는 금속산화물이 포함된다.

[0012] 상기 유전체층은 양극 산화 작용에 의해 관통공이 발생하는 재료로 이루어지는 것이어도 좋다.

[0013] 이 구성에 의하면, 양극 산화 프로세스에 의해 관통공을 포함하는 유전체층을 형성하는 것이 가능하고, 상기 구조의 콘덴서를 제조하는 것이 가능하다.

[0014] 상기 유전체층은 산화알루미늄으로 이루어지는 것이어도 좋다.

[0015] 알루미늄을 양극 산화하면 발생하는 산화알루미늄은 산화 과정에서 자기(自己) 조직화 작용에 의한 관통공이 발생한다. 즉, 알루미늄을 양극 산화하는 것에 의해 관통공을 포함하는 유전체층을 형성하는 것이 가능하다.

[0016] 상기 유전체층은  $\alpha$ 상(相),  $\theta$ 상,  $\delta$ 상 및  $\gamma$ 상 중 어느 하나의 결정상을 가지는 산화알루미늄으로 이루어지는 것이어도 좋다.

[0017] 산화알루미늄은 결정화의 조건에 따라  $\alpha$ 상,  $\theta$ 상,  $\delta$ 상 및  $\gamma$ 상의 결정상을 가질 수 있다. 즉, 결정 구조를 가지는 금속산화물로서  $\alpha$ 상,  $\theta$ 상,  $\delta$ 상 및  $\gamma$ 상 중 어느 하나의 결정상을 가지는 산화알루미늄을 이용하는 것이 가능하다.

[0018] 본 발명의 일 실시 형태에 따른 콘덴서의 제조 방법은 금속을 산화하는 것에 의해 복수의 관통공을 포함하는 금속산화물을 형성한다. 상기 금속산화물을 가열하여 상기 금속산화물을 결정화한다. 상기 복수의 관통공에 제1 내부 전극 및 제2 내부 전극을 형성한다. 상기 제1 내부 전극에 접속하는 제1 외부 전극층과, 상기 제2 내부 전극에 접속하는 제2 외부 전극층을 상기 금속산화물 상에 배설한다.

[0019] 이 제조 방법에 의하면, 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지는 유전체층을 포함하는 콘덴서를 제조하는 것이 가능하다. 또한 금속산화물을 결정화하는 공정에서는 금속산화물 전체를 결정화해도 좋고, 금속산화물을 부분적으로 결정화해도 좋다.

[0020] 상기 금속산화물은 산화알루미늄이며, 상기 금속산화물을 결정화하는 공정에서는 상기 산화알루미늄을 800°C 이상으로 가열해도 좋다.

[0021] 산화알루미늄은 800°C 이상으로 가열하면 결정상이 발생한다. 즉, 이 제조 방법에 의하면, 결정 구조를 가지는 산화알루미늄으로 이루어지는 유전체층을 포함하는 콘덴서를 제조하는 것이 가능하다.

[0022] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시 형태를 설명한다.

[0023] [콘덴서의 구성]

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 콘덴서(100)의 사시도이며, 도 2는 콘덴서(100)의 단면도이다. 이 도면들에 도시하는 바와 같이 콘덴서(100)는 유전체층(101), 제1 외부 전극층(102), 제2 외부 전극층(103), 제1 내부 전극(104) 및 제2 내부 전극(105)을 포함한다.

[0025] 제1 외부 전극층(102), 유전체층(101) 및 제2 외부 전극층(103)은 이 순서대로 적층되고, 즉 유전체층(101)은 제1 외부 전극층(102) 및 제2 외부 전극층(103)에 의해 개재된다. 제1 내부 전극(104) 및 제2 내부 전극(105)은 도 2에 도시하는 바와 같이 유전체층(101)에 형성된 관통공(101a)의 내부에 형성된다. 또한 콘덴서(100)에는 이 도면에 도시하는 것 외의 구성, 예컨대 제1 외부 전극층(102) 및 제2 외부 전극층(103)에 각각 접속된 배선 등이 설치되어도 좋다.

[0026] 유전체층(101)은 콘덴서(100)의 유전체로서 기능하는 층이다. 유전체층(101)은 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어진다. 「결정 구조를 가지는 금속산화물」은 결정 구조만으로 이루어지는 금속산화물이나, 어모페스 구조 중에 결정 구조가 존재하는 금속산화물을 포함한다. 금속산화물에서의 결정 구조의 유무는 후술하는 결정 구조 해석에 의해 확인하는 것이 가능하다.

[0027] 또한 유전체층(101)을 구성하는 금속산화물은 후술하는 관통공(포러스)을 형성하는 것이 가능한 재료이며, 특히 양극 산화되면 자기 조작화 작용에 의해 포러스가 발생하는 재료가 바람직하다. 이와 같은 재료로서는 산화알루미늄( $Al_2O_3$ )을 예로 들 수 있다. 그 밖에도 유전체층(101)은 벨브 금속(Al, Ta, Nb, Ti, Zr, Hf, Zn, W, Sb)의 산화물로 이루어지도록 하는 것도 가능하다.

[0028] 산화알루미늄의 결정 구조는 γ상, δ상, θ상 및 α상이 있다. 즉, 「결정 구조를 가지는 금속산화물」은 보다 구체적으로는 γ상, δ상, θ상 및 α상 중 어느 하나의 결정상(結晶相)을 가지는 산화알루미늄으로 할 수 있다. 유전체층(101)이 이와 다른 금속산화물로 이루어지는 경우에도 유전체층(101)은 그 금속산화물이 가질 수 있는 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지도록 하는 것이 가능하다.

[0029] 유전체층(101)의 두께는 특히 한정되지 않지만, 예컨대 수  $\mu m$  내지 수백  $\mu m$ 로 할 수 있다. 도 3은 유전체층(101)의 사시도이며, 도 4는 유전체층(101)의 단면도이다. 이 도면들에 도시하는 바와 같이 유전체층(101)에는 복수의 관통공(101a)이 형성된다. 유전체층(101)의 층면 방향으로 평행한 표면을 제1 면(101b)이라고 하고, 그 반대측의 면을 제2 면(101c)이라고 하면, 관통공(101a)은 제1 면(101b) 및 제2 면(101c)에 수직 방향[유전체층(101)의 두께 방향]을 따라 형성되어 제1 면(101b) 및 제2 면(101c)에 연통하도록 형성된다. 또한 도 3 등에 도시하는 관통공(101a)의 개수나 크기는 편의적인 것이며, 실물은 보다 작고 개수가 많다.

[0030] 제1 외부 전극층(102)은 도 2에 도시하는 바와 같이 유전체층(101)의 제1 면(101b) 상에 배설된다. 제1 외부 전극층(102)은 도전성 재료, 예컨대 Cu, Ni, Cr, Ag, Pd, Fe, Sn, Pb, Pt, Ir, Rh, Ru, Al, Ti 등의 순금속이나 이들의 합금으로 할 수 있다. 제1 외부 전극층(102)의 두께는 예컨대 수십  $nm$  내지 수  $\mu m$ 로 할 수 있다. 또한 제1 외부 전극층(102)은 복수층의 도전성 재료가 적층되도록 배설하는 것도 가능하다.

[0031] 제2 외부 전극층(103)은 도 2에 도시하는 바와 같이 유전체층(101)의 제2 면(101c) 상에 배설된다. 제2 외부 전극층(103)은 제1 외부 전극층(102)과 마찬가지의 도전성 재료로 이루어지도록 할 수 있고, 그 두께는 예컨대 수  $\mu m$  내지 수  $\mu m$ 로 할 수 있다. 제2 외부 전극층(103)의 구성 재료는 제1 외부 전극층(102)의 구성 재료와 동일한 재료이어도 좋고, 다른 재료이어도 좋다. 또한 제2 외부 전극층(103)은 복수층의 도전성 재료가 적층되도록 배설하는 것이 가능하다.

[0032] 제1 내부 전극(104)은 콘덴서(100)의 일방의 대향 전극으로서 기능한다. 제1 내부 전극(104)은 도전성 재료, 예컨대 In, Sn, Pb, Cd, Bi, Al, Cu, Ni, Au, Ag, Pt, Pd, Co, Cr, Fe, Zn 등의 순금속이나 이들의 합금으로 할 수 있다. 도 2에 도시하는 바와 같이 제1 내부 전극(104)은 관통공(101a) 내에 형성되고 제1 외부 전극층(102)에 접속된다. 또한 제1 내부 전극(104)은 제2 외부 전극층(103)과는 이간(離間)되어 형성되고 제2 외부 전극층

(103)과 절연된다. 제1 내부 전극(104)과 제2 외부 전극층(103) 사이의 간극(間隙)에는 절연체(도시되지 않음)가 충전되어도 좋다.

[0033] 제2 내부 전극(105)은 콘덴서(100)의 타방의 대향 전극으로서 기능한다. 제2 내부 전극(105)은 제1 내부 전극(104)과 마찬가지의 도전성 재료로 이루어지도록 할 수 있다. 제2 내부 전극(105)의 재료는 제1 내부 전극(104)과 동일한 재료이어도 좋고, 다른 재료이어도 좋다. 도 2에 도시하는 바와 같이 제2 내부 전극(105)은 관통공(101a) 내에 형성되고 제2 외부 전극층(103)에 접속된다. 또한 제2 내부 전극(105)은 제1 외부 전극층(102)과는 이간되어 형성되고 제1 외부 전극층(102)과 절연된다. 제2 내부 전극(105)과 제1 외부 전극층(102) 사이의 간극에는 절연체(도시되지 않음)가 충전되어도 좋다.

[0034] 또한 도 2 등에 도시하는 제1 내부 전극(104) 및 제2 내부 전극(105)은 1개씩 교호(交互)적으로 도시되지만, 이는 편의적인 것이며 실제로는 교호적으로 존재하지 않아도 좋다.

[0035] 콘덴서(100)는 다음과 같은 구성을 가진다. 유전체층(101)을 개재하여 제1 내부 전극(104)과 제2 내부 전극(105)이 대향하여 콘덴서를 형성한다. 즉, 제1 내부 전극(104)과 제2 내부 전극(105)은 콘덴서의 대향 전극(정극 또는 부극)으로서 기능한다. 또한 제1 내부 전극(104)과 제2 내부 전극(105) 중 어느 하나가 정극이어도 좋다. 제1 내부 전극(104)은 제1 외부 전극층(102)을 개재하고, 제2 내부 전극(105)은 제2 외부 전극층(103)을 개재하여, 각각 외부로의 배선이나 단자(端子) 등과 접속된다.

#### [금속산화물의 결정 구조]

[0037] 전술과 같이 콘덴서(100)의 유전체층(101)은 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어진다. 금속산화물이 결정 구조를 가지는지에 대한 여부는 XRD[X-ray diffraction: X선 회절(回折)] 등의 결정 구조 해석에 의해 확인하는 것이 가능하다.

[0038] 도 5는 산화알루미늄의 XRD측정 결과다. 도 5에 도시하는 측정 결과는 750°C, 800°C, 900°C, 1000°C, 1100°C, 1250°C 중 어느 하나의 온도로 4시간 보지(保持)된 산화알루미늄(벌크)을 측정 시료(試料)로 하여 측정한 결과이다. 측정 시료는 측정 대상의 시료의 면이 동일한 면이 되도록 시료대(試料臺)에 배열할 수 있다. 또한 측정 시료를 유발(乳鉢) 등으로 분쇄하여 분말 형상으로 한 후, 측정면을 정돈하여 시료대에 세트해도 좋다. 측정에 사용한 측정 장치는 X'pert MRD[PANalytical 사제(社製)]이며, 측정 조건은 측정 범위(2θ): 10° 내지 90°, 관 전압: 45kV, 관 전류: 40mV, 대(對)음극: Cu, 모노크로미터 사용, 스캔 스텝: 0.01° 이다.

[0039] 도 5에는 α상, θ상, γ상, 또는 γ상으로 동정(同定)되는 피크와 미리 지수를 도시한다. 750°C로 가열한 시료에서는 비가열(RT)의 시료와 마찬가지로 현저한 피크는 없고, 산화알루미늄이 어모페스 구조를 가진다는 것을 알 수 있다. 800°C 이상으로 가열한 시료에서는 γ상에 유래하는 피크를 확인할 수 있다. 또한 가열 온도가 높아짐에 따라 γ상이나 θ상에 유래하는 피크가 나타나고, 1250°C로 가열한 시료에서는 α상에 유래하는 피크만이 나타난다.

[0040] 이와 같이 산화알루미늄은 800°C 이상으로 가열하는 것에 의해 결정 구조가 발생하고, 결정 구조의 유무는 XRD에 의해 확인하는 것이 가능하다. 또한 다른 금속산화물도 마찬가지로 소정 온도 이상으로 가열하는 것에 의해 결정 구조가 발생한다. 금속산화물에서의 결정 구조의 유무는 XRD 이외에도 EELS(Electron Energy-Loss Spectroscopy: 전자 에너지 손실 분광)이나 다른 해석 방법에 의해 거시(巨視)적 또는 국소적으로 확인하는 것이 가능하다.

#### [콘덴서의 효과]

[0042] 이상과 같은 구성을 가지는 콘덴서(100)는 다음과 같은 효과를 가진다. 도 2에 도시하는 바와 같이 제1 내부 전극(104)과 제2 내부 전극(105)은 유전체층(101)을 개재하여 대향한다. 이 때문에 제1 내부 전극(104)과 제2 내부 전극(105) 사이에 전압이 인가되면, 이들 사이에 위치하는 유전체층(101)의 내전압 특성이 문제가 된다.

[0043] 예컨대 유전체층(101)이 결정 구조를 가지지 않는(즉, 어모페스 구조의) 금속산화물인 경우, 그 구조에 치밀하지 않은 부분이 존재하기 때문에 내전압 특성에 편차가 발생한다. 하지만 전술과 같이 유전체층(101)이 결정 구조를 가지는 금속산화물로 이루어지는 경우, 치밀한 결정 구조에 의해 내전압 특성의 편차가 발생하지 않는다. 즉 콘덴서(100)가 높은 내전압 특성을 가지고도록 하는 것이 가능하다.

[0044] 도 6은 콘덴서의 절연 내압 시험의 결과를 도시하는 표이다. 이 시험에서는 표에 기재된 각 온도로 가열한 금속산화물(산화알루미늄)을 유전체층이라고 하고, 그 외는 전술한 구조(도 2 참조)을 가지는 콘덴서를 1000개씩 작성하여, 절연 파괴가 발생하는 인가 전압을 측정하였다. 또한 콘덴서는 후술하는 제조 방법에 의해 작성할 수

있다.

[0045] 인가 전압을 0.5V씩 상승시키고, 10초간 절연 파괴가 발생하지 않은 콘덴서는 같은 인가 전압으로 절연 파괴되지 않는 것으로 판정하였다. 도 6에 도시하는 바와 같이 가열하지 않은 경우(RT)나 가열 온도가 낮은 경우에는 10V 미만의 인가 전압으로 콘덴서의 절연 파괴가 발생한다. 이에 대하여 가열 온도가 높은 경우에는 10V 미만의 인가 전압으로 절연 파괴가 발생하는 콘덴서는 없었다.

[0046] 이 결과로부터 금속산화물을 가열하는 것에 의해 금속산화물이 결정화되어 콘덴서의 내전압 특성이 향상한다고 할 수 있다. 또한 금속산화물이 산화알루미늄인 경우, 가열 온도는 800°C 이상이 바람직하고, 900°C 이상이 보다 바람직하다고 할 수 있다.

#### [콘덴서의 제조 방법]

[0048] 본 실시 형태에 따른 콘덴서(100)의 제조 방법에 대하여 설명한다. 또한 이하에 제시하는 제조 방법은 일 예이며, 콘덴서(100)는 이하에 도시하는 제조 방법과는 다른 제조 방법에 의해 제조하는 것도 가능하다. 도 7 내지 도 12는 콘덴서(100)의 제조 프로세스를 도시하는 모식도이다.

[0049] 도 7의 (a)는 유전체층(101)의 기초가 되는 제1 기재(基材)(301)를 도시한다. 제1 기재(301)는 유전체층(101)이 되는 금속산화물의 산화 전의 금속이며, 금속산화물이 산화알루미늄의 경우, 제1 기재(301)는 알루미늄이다.

[0050] 예컨대 15°C 내지 20°C로 조정된 옥살산(0.1mol/l) 용액 중에서 제1 기재(301)를 양극으로서 전압을 인가하면, 도 7의 (b)에 도시하는 바와 같이 제1 기재(301)가 산화(양극 산화)되어 금속산화물(302)이 형성된다. 이 때 금속산화물(302)의 자기 조직화 작용에 의해 금속산화물(302)에 공(孔)(H)이 형성된다. 공(H)은 산화의 진행 방향, 즉 제1 기재(301)의 두께 방향을 향하여 성장한다.

[0051] 또한 양극 산화 전에 제1 기재(301)에 규칙적인 피트[요부(凹部)]를 미리 형성하고, 이 피트를 기점으로 하여 공(H)을 성장시켜도 좋다. 이 피트의 배치에 의해 공(H)의 배열을 제어하는 것이 가능하다. 피트는 예컨대 제1 기재(301)에 몰드(형)를 압압(押壓)하는 것에 의해 형성하는 것이 가능하다.

[0052] 계속해서 도 7의 (c)에 도시하는 바와 같이 산화되지 않은 제1 기재(301)를 제거한다. 제1 기재(301)의 제거는 예컨대 웨트 에칭에 의해 수행할 수 있다. 이후, 금속산화물(302)의 공(H)이 형성된 측의 면을 표면(302a)이라고 하고, 그 반대측의 면을 이면(302b)이라고 한다.

[0053] 계속해서 도 8의 (a)에 도시하는 바와 같이 금속산화물(302)을 이면(302b)측으로부터 소정의 두께로 제거한다. 이는 반응성 이온 에칭(RIE: Reactive Ion Etching)에 의해 수행할 수 있다. 이 때 공(H)이 이면(302b)에 연통 할 정도의 두께로 금속산화물(302)을 제거한다.

[0054] 계속해서 금속산화물(302)을 결정화한다. 금속산화물(302)은 대기(大氣) 중에서 가열하는 것에 의해 결정화할 수 있고, 예컨대 전기로(電氣爐)를 이용하여 가열하는 것이 가능하다. 금속산화물(302)이 산화알루미늄인 경우, 전술과 같이 가열 온도를 800°C 이상으로 하는 것에 의해 결정화하는 것이 가능하지만, 900°C 이상으로 하면 결정화가 보다 촉진되어 바람직하다. 가열 시간은 예컨대 4시간으로 할 수 있다.

[0055] 계속해서 도 8의 (b)에 도시하는 바와 같이 금속산화물(302)의 이면(302b)에 제2 기재(303)를 배설한다. 제2 기재(303)는 예컨대 스퍼터링법에 의해 배설하는 것이 가능하다. 제2 기재(303)는 제1 기재(301)와 마찬가지로 유전체층(101)이 되는 금속산화물의 산화 전의 금속으로 이루어지도록 할 수 있고, 금속산화물이 산화알루미늄의 경우, 제2 기재(303)는 알루미늄이다.

[0056] 계속해서 제2 기재(303)를 양극으로서 예컨대 15°C 내지 20°C로 조정된 옥살산(0.1mol/l) 용액 중에서 전압을 인가하면, 도 8의 (c)에 도시하는 바와 같이 제2 기재(303)가 산화(양극 산화)된다. 이 때 공(H)을 형성하였을 때보다 인가 전압을 크게 한다. 자기 조직화에 의해 형성되는 공(H)의 피치는 인가 전압의 크기에 의해 결정되며 때문에 공(H)의 피치가 확대되는 것에 의해 자기 조직화가 진행된다. 이에 의해 도 8의 (c)에 도시하는 바와 같이 일부의 공(H)에 대하여 공의 형성이 계속되는 것과 함께 공경(孔徑)이 확대된다. 한편, 공(H)의 피치가 확대된 것에 의해 다른 공(H)에 대해서는 공의 형성이 정지된다. 이하, 공의 형성이 정지된 공(H)을 공(H1)이라고 하고, 공의 형성이 계속된(공경이 확대된) 공(H)을 공(H2)이라고 한다.

[0057] 양극 산화의 조건은 적절히 설정 가능하고, 예컨대 도 7의 (b)에 도시하는 1단계째의 양극 산화의 인가 전압은 수 V 내지 수백 V, 처리 시간은 수 분 내지 수 일로 설정할 수 있다. 도 8의 (c)에 도시하는 2단계째의 양극 산화의 인가 전압에서는 전압값을 1단계째의 수 배라고 하고, 처리 시간은 수 분 내지 수십 분으로 설정할 수 있

다.

[0058] 예컨대 1단계째의 인가 전압을 40V로 하는 것에 의해 공경이 100nm의 공(H)이 형성되고, 2단계째의 인가 전압을 80V로 하는 것에 의해 공(H2)의 공경이 200nm로 확대된다. 2단계째의 전압값을 전술한 범위 내로 하는 것에 의해 공(H1)과 공(H2)의 개수를 대략 동등하게 하는 것이 가능하다. 또한 2단계째의 전압 인가의 처리 시간을 전술한 범위 내로 하는 것에 의해, 공(H2)의 퍼치 변환이 충분히 완료되면서, 2단계째의 전압 인가에 의해 저부(底部)에 형성되는 금속산화물(302)의 두께를 작게 할 수 있다. 2단계째의 전압 인가로 형성되는 금속산화물(302)은 후술하는 공정에서 제거되기 때문에 가능한 한 얇은 것이 바람직하다.

[0059] 계속해서 도 9의 (a)에 도시하는 바와 같이 산화되지 않은 제2 기재(303)를 제거한다. 제2 기재(303)의 제거는 예컨대 웨트 에칭에 의해 수행할 수 있다.

[0060] 계속해서 도 9의 (b)에 도시하는 바와 같이 금속산화물(302)을 이면(302b)측으로부터 소정의 두께로 제거한다. 이는 반응성 이온 에칭(RIE: Reactive Ion Etching)에 의해 수행할 수 있다. 이 때 공(H2)이 이면(302b)에 연통하고, 공(H1)은 이면(302b)에 연통하지 않을 정도의 두께로 금속산화물(302)을 제거한다.

[0061] 계속해서 도 9의 (c)에 도시하는 바와 같이 표면(302a)이 도전성 재료로 이루어지는 제1 도체층(304)을 성막한다. 제1 도체층(304)은 스퍼터링법, 진공 증착법 등 임의의 방법에 의해 성막하는 것이 가능하다.

[0062] 계속해서 도 10의 (a)에 도시하는 바와 같이 공(H2) 내에 제1 도금 도체(305)를 매립한다. 제1 도금 도체(305)는 도전성 재료로 이루어지고, 제1 도체층(304)을 시드층으로서 금속산화물(302)에 전해 도금을 수행하는 것에 의해 매립하는 것이 가능하다. 공(H1)에는 도금액이 침입하지 않기 때문에 공(H1) 내에는 제1 도금 도체(305)는 형성되지 않는다.

[0063] 계속해서 도 10의 (b)에 도시하는 바와 같이 금속산화물(302)을 이면(302b)으로부터 소정의 두께로 재차 제거한다. 이는 반응성 이온 에칭에 의해 수행할 수 있다. 이 때 공(H1)이 이면(302b)에 연통할 정도의 두께로 금속산화물(302)을 제거한다.

[0064] 계속해서 도 10의 (c)에 도시하는 바와 같이 공(H1) 내에 제2 도금 도체(306)를 매립하고, 공(H2) 내에 제3 도금 도체(307)를 매립한다. 제2 도금 도체(306) 및 제3 도금 도체(307)는 도전성 재료로 이루어지고, 제1 도체층(304)을 시드층으로서 금속산화물(302)에 전해 도금을 수행하는 것에 의해 매립하는 것이 가능하다. 또한 이 제조 공정에 의하면, 제2 도금 도체(306)와 제3 도금 도체(307)는 동일한 재료로 이루어지지만, 다른 제조 공정을 이용하여 이들이 다른 재료로 이루어지도록 하는 것도 가능하다.

[0065] 여기서 공(H2)에는 전술한 공정에 의해 제1 도금 도체(305)가 형성되기 때문에 제3 도금 도체(307)의 선단(先端)은 제2 도금 도체(306)의 선단으로부터 돌출한다. 이하, 제1 도금 도체(305)와 제3 도금 도체(307)를 합쳐서 제4 도금 도체(308)로 한다.

[0066] 계속해서 도 11의 (a)에 도시하는 바와 같이 금속산화물(302)을 이면(302b)으로부터 소정의 두께로 재차 제거한다. 이는 CMP(Chemical Mechanical Polishing) 등에 의해 수행할 수 있다. 이 때 제4 도금 도체(308)가 이면(302b)에 노출하고, 제2 도금 도체(306)가 이면(302b)에 노출하지 않을 정도의 두께로 금속산화물(302)을 제거한다.

[0067] 계속해서 도 11의 (b)에 도시하는 바와 같이 이면(302b)에 도전성 재료로 이루어지는 제2 도체층(309)을 성막한다. 제2 도체층(309)은 스퍼터링법, 진공 증착법 등 임의의 방법에 의해 성막하는 것이 가능하다.

[0068] 계속해서 도 11의 (c)에 도시하는 바와 같이 제1 도체층(304)을 제거한다. 제1 도체층(304)의 제거는 웨트 에칭법, 드라이 에칭법, 이온 밀링법, CMP법 등에 의해 수행할 수 있다.

[0069] 계속해서 도 12의 (a)에 도시하는 바와 같이 제2 도체층(309)을 시드층으로 하여 제4 도금 도체(308)에 전해 에칭을 수행한다. 제4 도금 도체(308)는 제2 도체층(309)에 도통(導通)하기 때문에 전해 에칭에 의해 에칭된다. 한편, 제2 도금 도체(306)는 제2 도체층(309)에 도통하지 않기 때문에 전해 에칭에 의해 에칭되지 않는다.

[0070] 계속해서 도 12의 (b)에 도시하는 바와 같이 표면(302a)이 도전성 재료로 이루어지는 제3 도체층(310)을 성막한다. 제3 도체층(310)은 스퍼터링법, 진공 증착법 등 임의의 방법에 의해 성막하는 것이 가능하다.

[0071] 이상과 같이 하여 콘덴서(100)를 제조하는 것이 가능하다. 또한 금속산화물(302)은 유전체층(101), 제3 도체층(310)은 제1 외부 전극층(102), 제2 도체층(309)은 제2 외부 전극층(103)에 각각 대응한다. 또한 제2 도금 도체(306)는 제1 내부 전극(104)에 제4 도금 도체(308)는 제2 내부 전극(105)에 각각 대응한다.

[0072] 또한 금속산화물(302)의 결정화(가열) 공정은 공(H)을 개구(開口)한 공정[도 8의 (a)] 다음에 실시하였지만 이에 한정되지 않고, 다른 공정에서 실시해도 좋다. 하지만 상기 도금 도체나 도체층이 이미 형성되는 경우에는 이들이 용융(溶融)하지 않도록 유의할 필요가 있다.

#### [관통공의 배열]

[0074] 이상의 설명에서는 유전체층(101)에 형성되는 관통공(101a)(도 4 참조)은 유전체층(101)의 두께 방향을 따라 형성되고 규칙적으로 배열되는 것으로서 설명하였다. 하지만 관통공(101a)은 다음과 같이 규칙적으로 배열되지 않도록 하는 것도 가능하다. 도 13 내지 도 19는 콘덴서(100)의 모식적인 단면도이다.

[0075] 도 13은 관통공(101a)이 규칙적으로 배열되는 콘덴서(100)를 도시한다. 관통공(101a)이 규칙적으로 배열되기 때문에 관통공(101a)의 내부에 형성되는 제1 내부 전극(104) 및 제2 내부 전극(105)도 규칙적으로 배열된다. 이 경우, 도 13에 파선(破線)으로 도시하는 바와 같이 관통공(101a)이 연장하는 방향[유전체층(101)의 두께 방향]으로 벽개(壁開)하기 쉽고, 이 방향에서의 콘덴서(100)의 기계 강도가 불충분해진다.

[0076] 이 때 도 14에 도시하는 바와 같이 유전체층(101)의 표층부에서 관통공(101a)을 불규칙적인 배열로 할 수 있다. 이 경우, 제1 내부 전극(104) 및 제2 내부 전극(105)도 관통공(101a)을 따라 불규칙적인 배열이 된다. 이 관통공(101a)의 불규칙적인 배열에 의해, 도 14에 파선으로 도시하는 바와 같이, 유전체층(101)의 두께 방향에서 벽개하기 쉬운 방향이나 위치가 달라지고, 두께 방향에서의 콘덴서(100)의 기계 강도가 커진다. 또한 도 14에서는 관통공(101a)의 제1 외부 전극층(102)측이 불규칙적인 배열로 이루어지지만, 제2 외부 전극층(103)측이 불규칙적인 배열로 이루어져도 좋다.

[0077] 마찬가지로 도 15에 도시하는 바와 같이 유전체층(101)의 표리 양측의 표층부에서 관통공(101a)을 불규칙적인 배열로 해도 좋고, 도 16에 도시하는 바와 같이 유전체층(101)의 층 중앙부에서 관통공(101a)을 불규칙적인 배열로 해도 좋다. 또한 도 17 내지 도 19와 같이 관통공(101a)이 두께 방향으로 복수로 분기되거나, 복수의 관통공(101a)이 합일되는 배열로 해도 좋다. 어떠한 경우에도 관통공(101a)의 불규칙적인 배열에 의해 유전체층(101)의 두께 방향에서 벽개하기 쉬운 방향이나 위치가 달라지고, 이 방향에서의 콘덴서(100)의 기계 강도를 크게 하는 것이 가능하다.

[0078] 관통공(101a)을 불규칙적인 배열로 하기 위해서는 전술한 양극 산화 처리에서 양극 산화의 조건[인가 전압이나 용액]을 조정하면 좋다. 예컨대 유전체층(101)의 표층부에만 관통공(101a)의 불규칙 배열을 형성하고자 하는 경우(도 14), 양극 산화 처리 시작 시부터 소정 시간까지는 불규칙 배열 조건에서의 처리에 의해 불규칙 배열을 형성하고, 나머지의 영역은 규칙 배열 조건으로 변경하면 좋다.

[0079] 유전체층(101)의 표리 양측의 표층부(도 15), 또는 층 중앙부(도 16)에 관통공(101a)의 불규칙 배열을 형성시키고자 하는 경우에도 마찬가지로 양극 산화 처리 중의 소정의 타이밍으로 처리 조건을 변화시키는 것에 의해 실현하는 것이 가능하다.

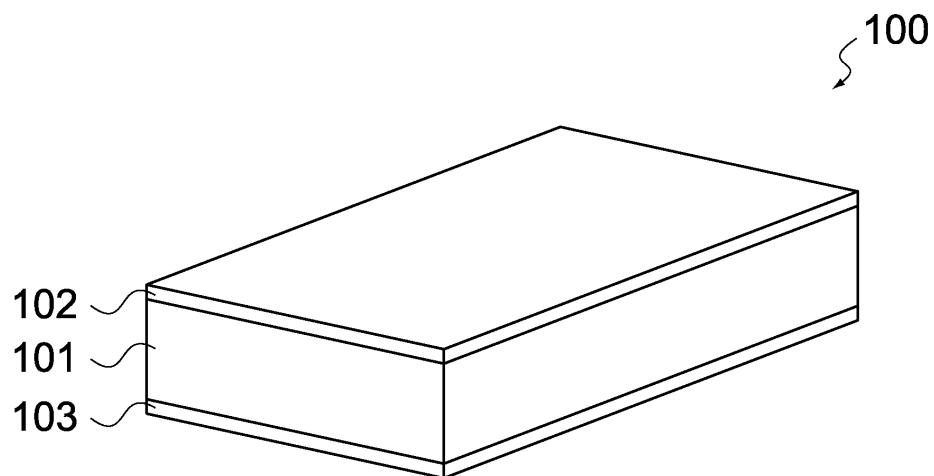
[0080] 본 기술은 상기 실시 형태에만 한정되지 않고, 본 기술의 요지를 일탈하지 않는 범위 내에서 적절히 변경하는 것이 가능하다.

#### **부호의 설명**

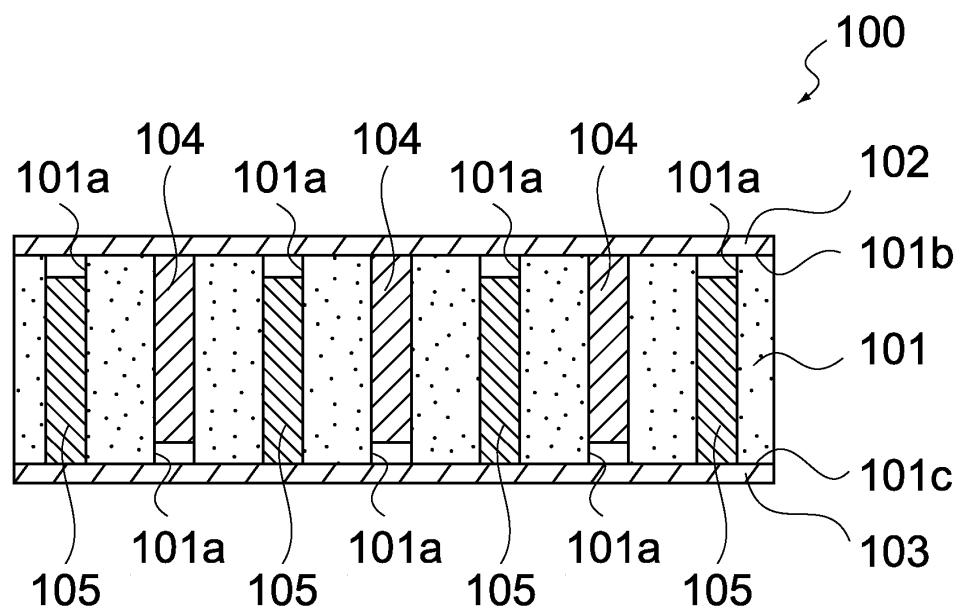
|                |                |
|----------------|----------------|
| 100: 콘덴서       | 101: 유전체층      |
| 101a: 관통공      | 102: 제1 외부 전극층 |
| 103: 제2 외부 전극층 | 104: 제1 내부 전극  |
| 105: 제2 내부 전극  |                |

도면

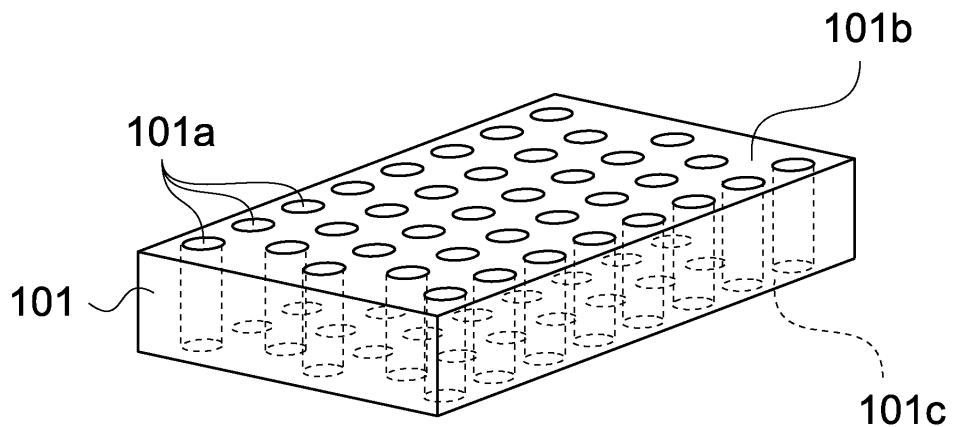
도면1



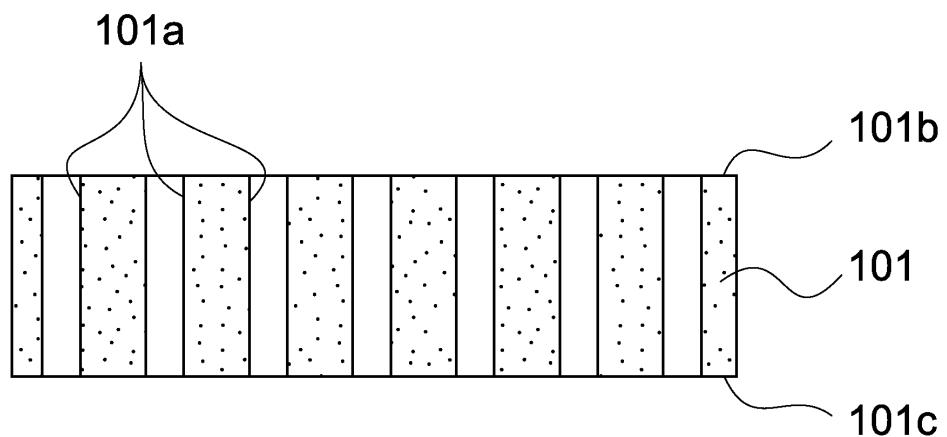
도면2



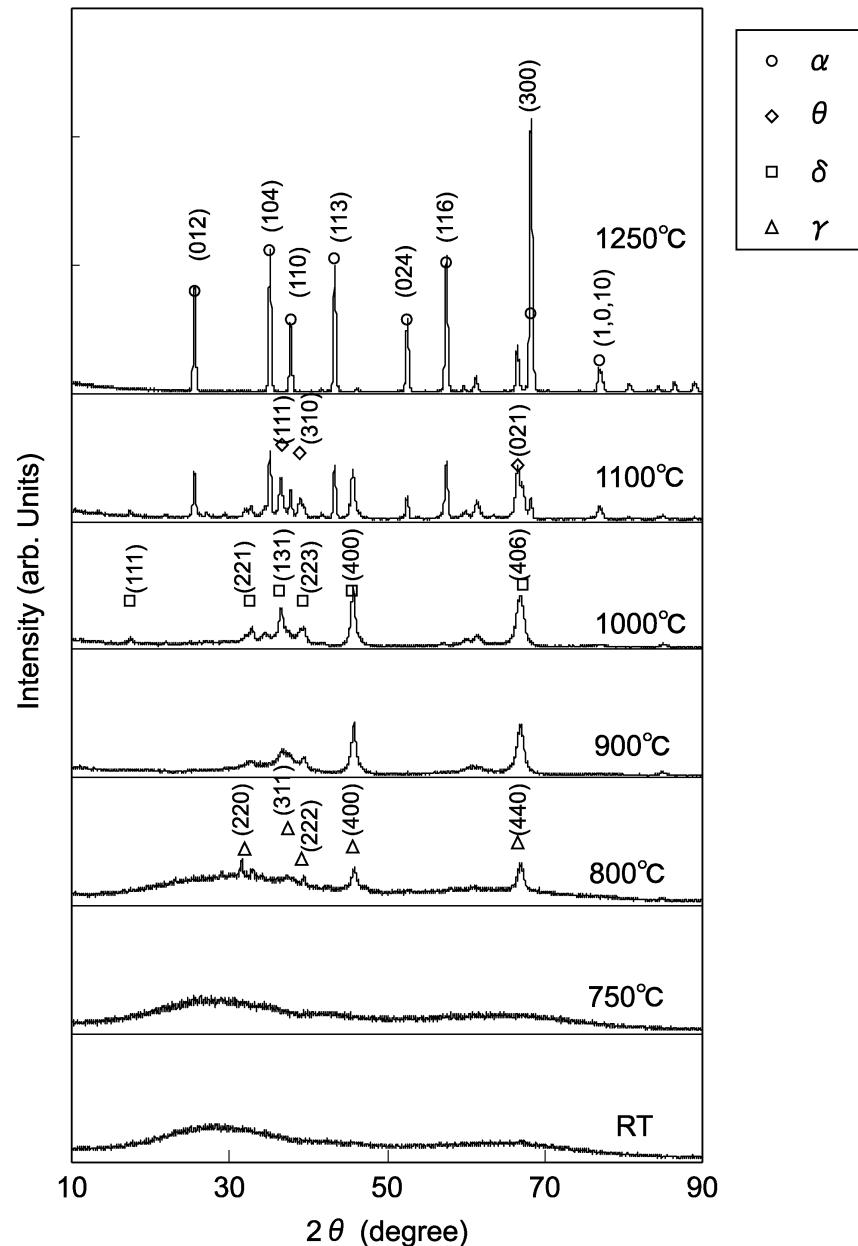
도면3



도면4



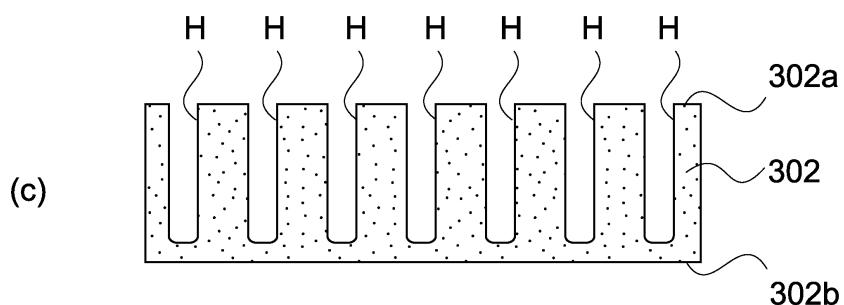
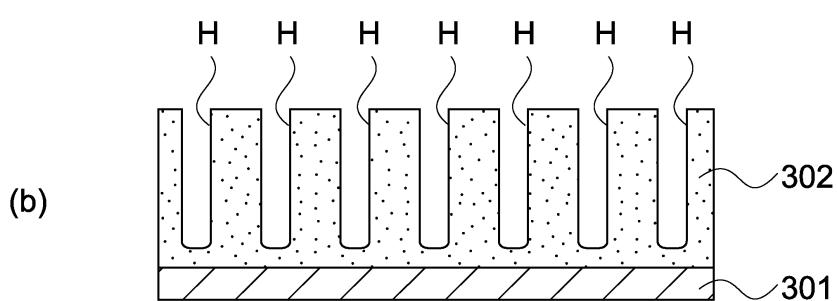
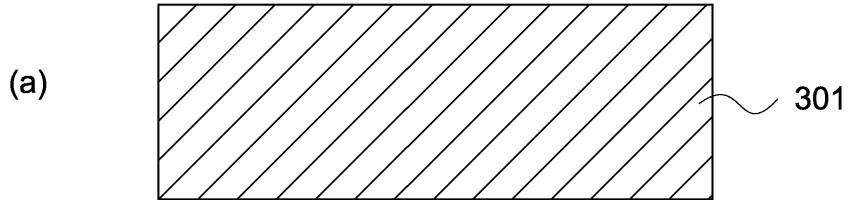
도면5



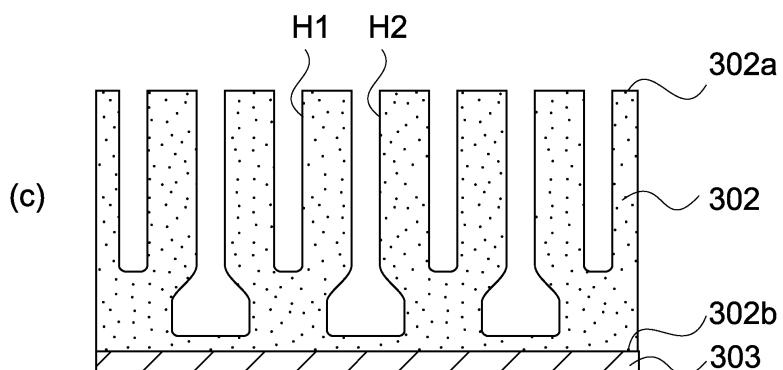
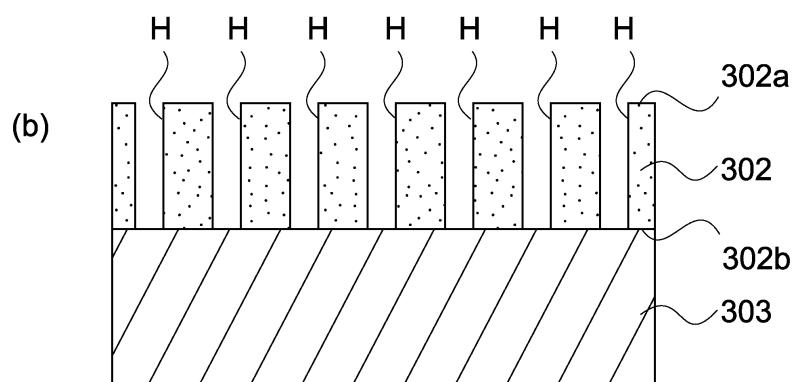
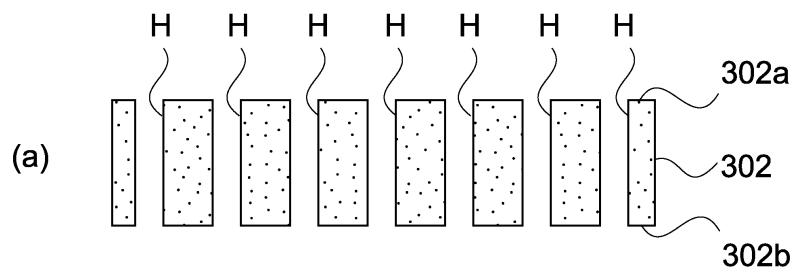
## 도면6

| 가열 온도<br>(°C) | X선 회절<br>강도 | 절연 내압 시험 (N=1000의 내역) |             |             |
|---------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|
|               |             | 10V 미만 시 파괴           | 10V 이상 시 파괴 | 10V 이상 시 파괴 |
| (RT)          | 파크 없음       | 6                     | 994         | 994         |
| 750           | 파크 없음       | 5                     | 995         | 995         |
| 800           | 복수의 파크 있음   | 1                     | 999         | 999         |
| 900           | 복수의 파크 있음   | 0                     | 1000        | 1000        |
| 1000          | 복수의 파크 있음   | 0                     | 1000        | 1000        |
| 1100          | 복수의 파크 있음   | 0                     | 1000        | 1000        |
| 1250          | 복수의 파크 있음   | 0                     | 1000        | 1000        |

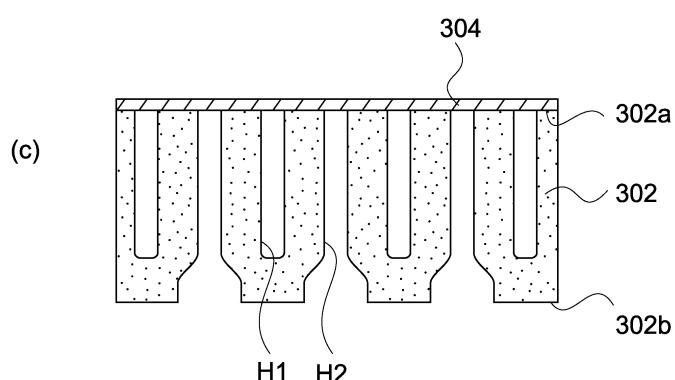
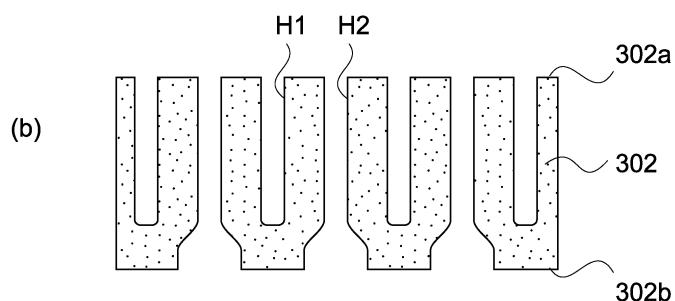
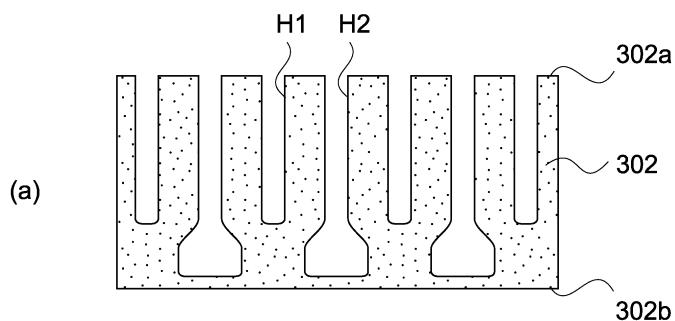
도면7



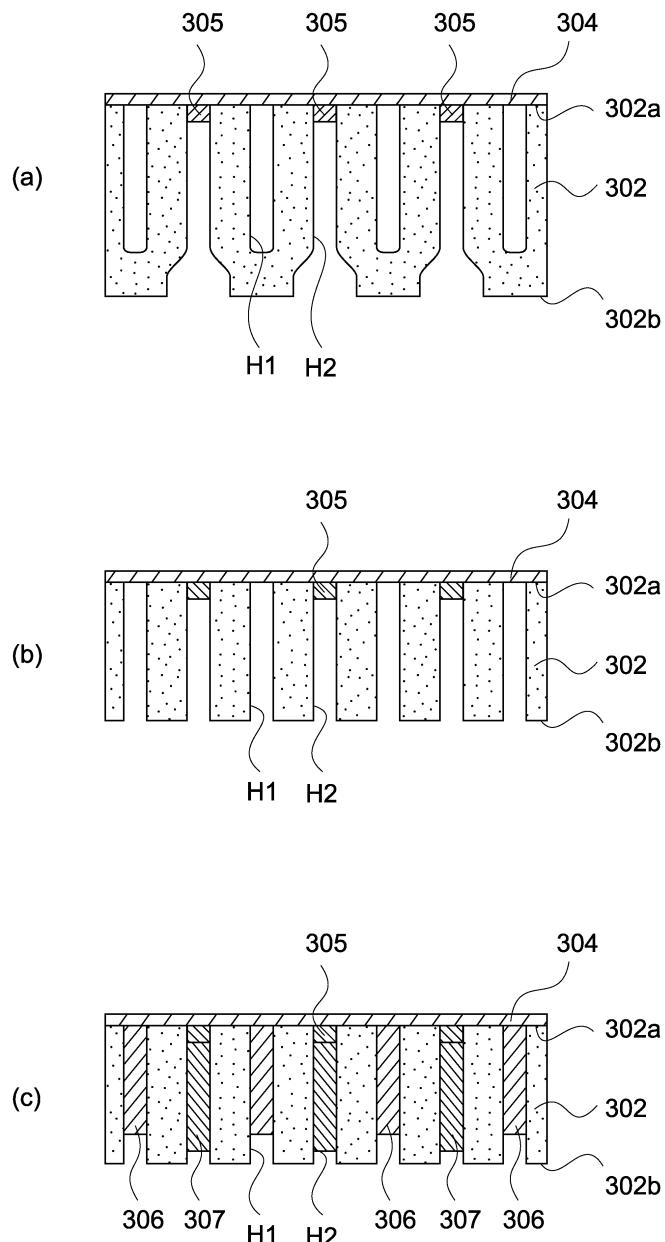
도면8



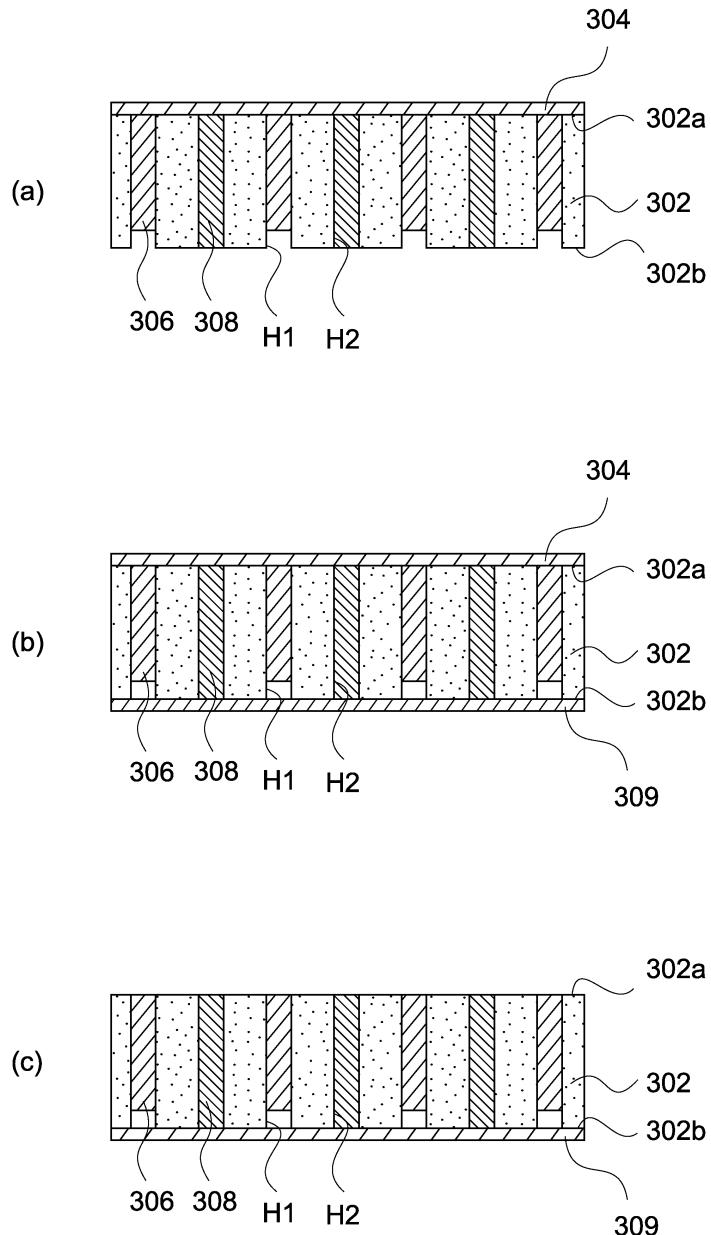
도면9



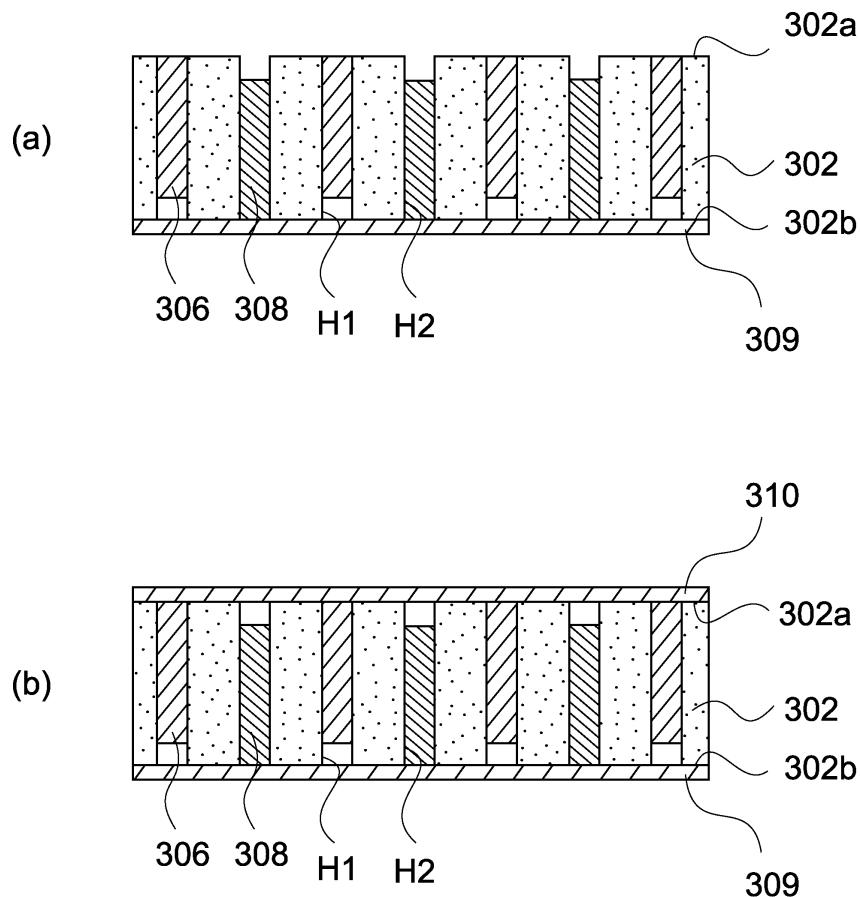
도면10



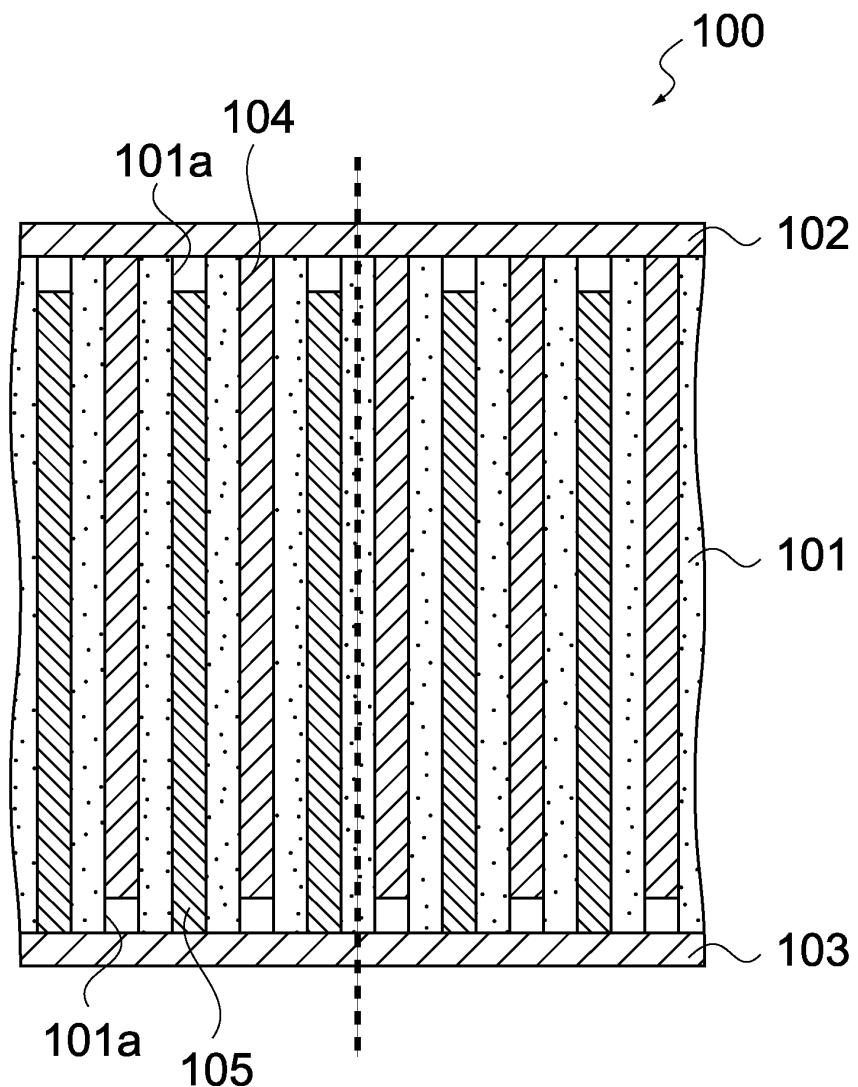
도면11



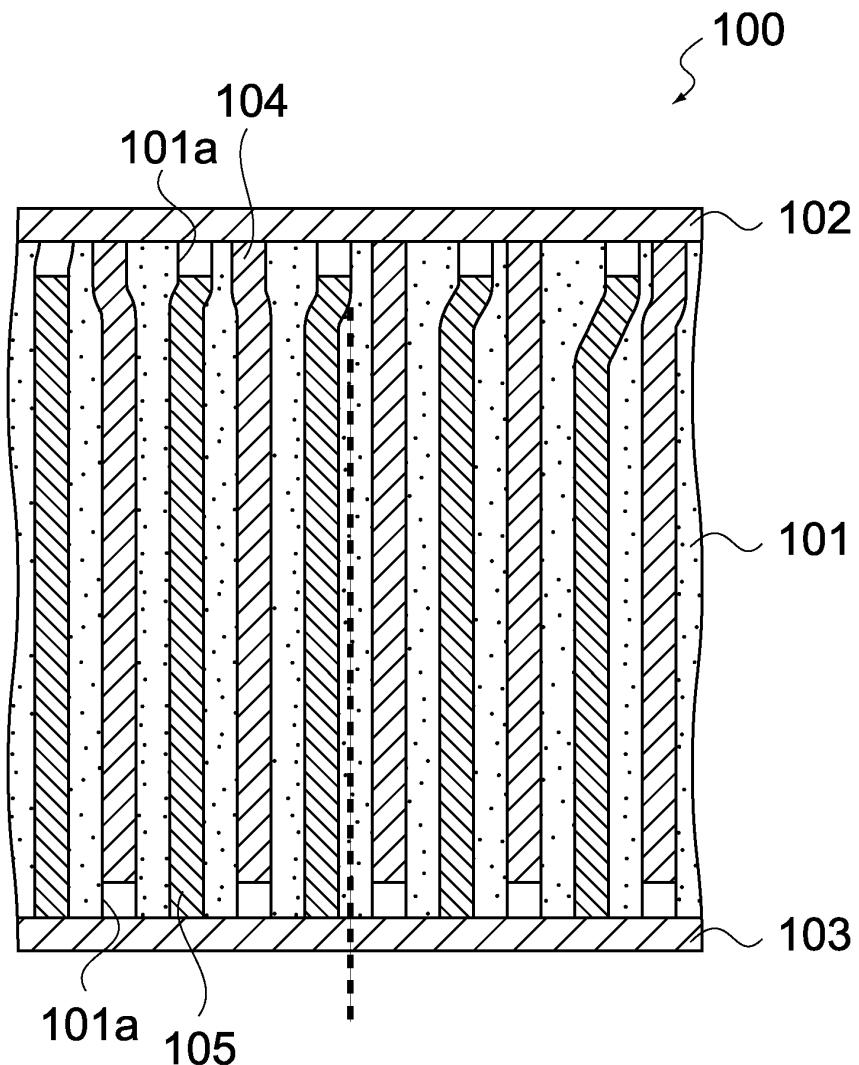
도면12



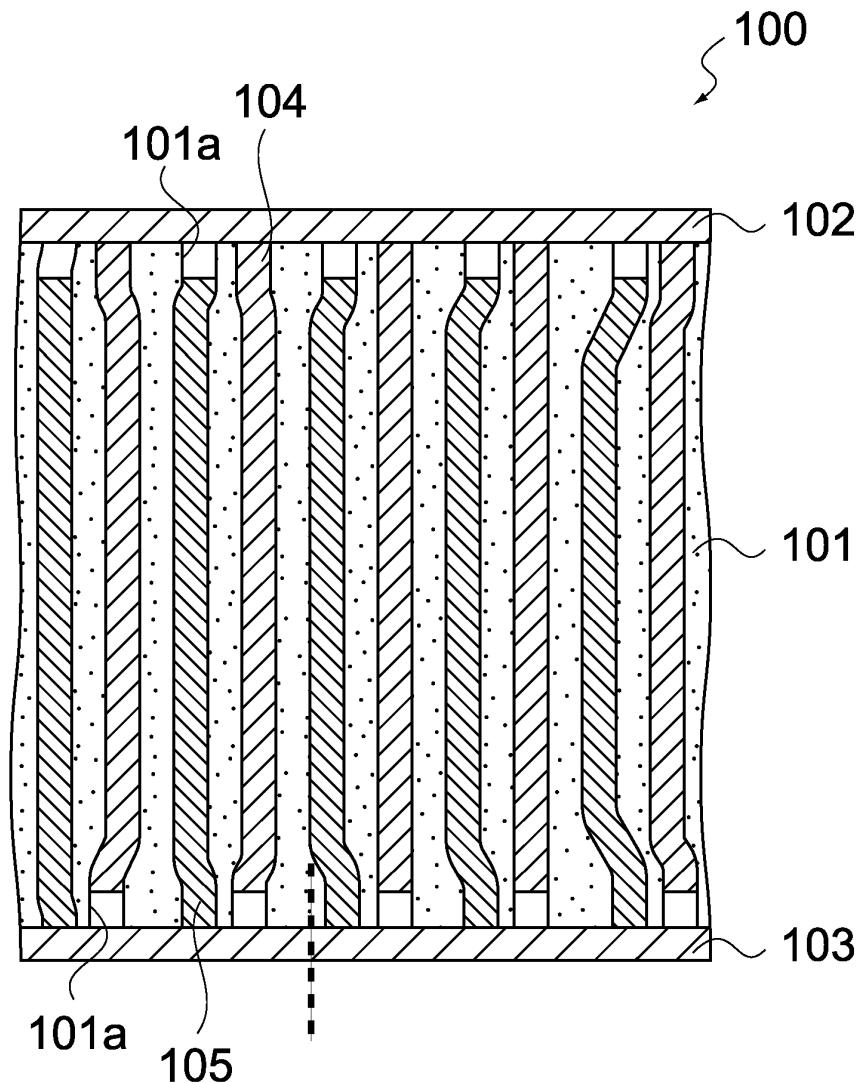
도면13



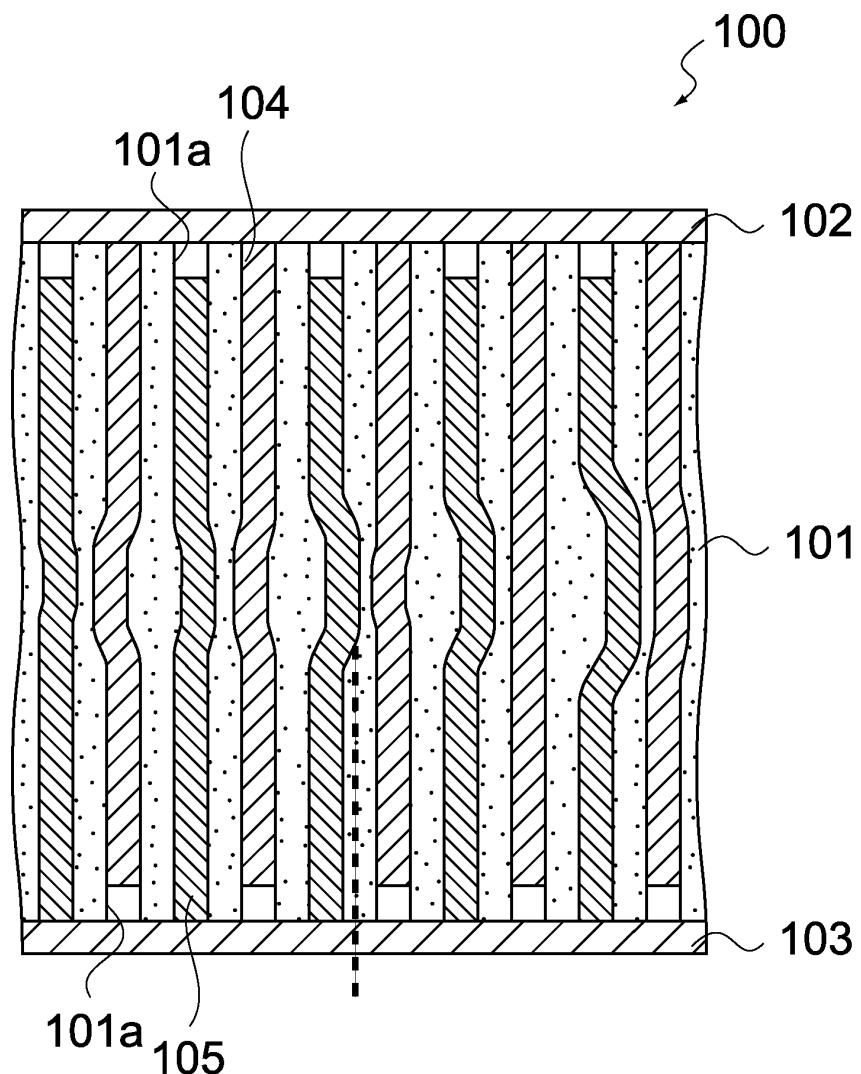
도면14



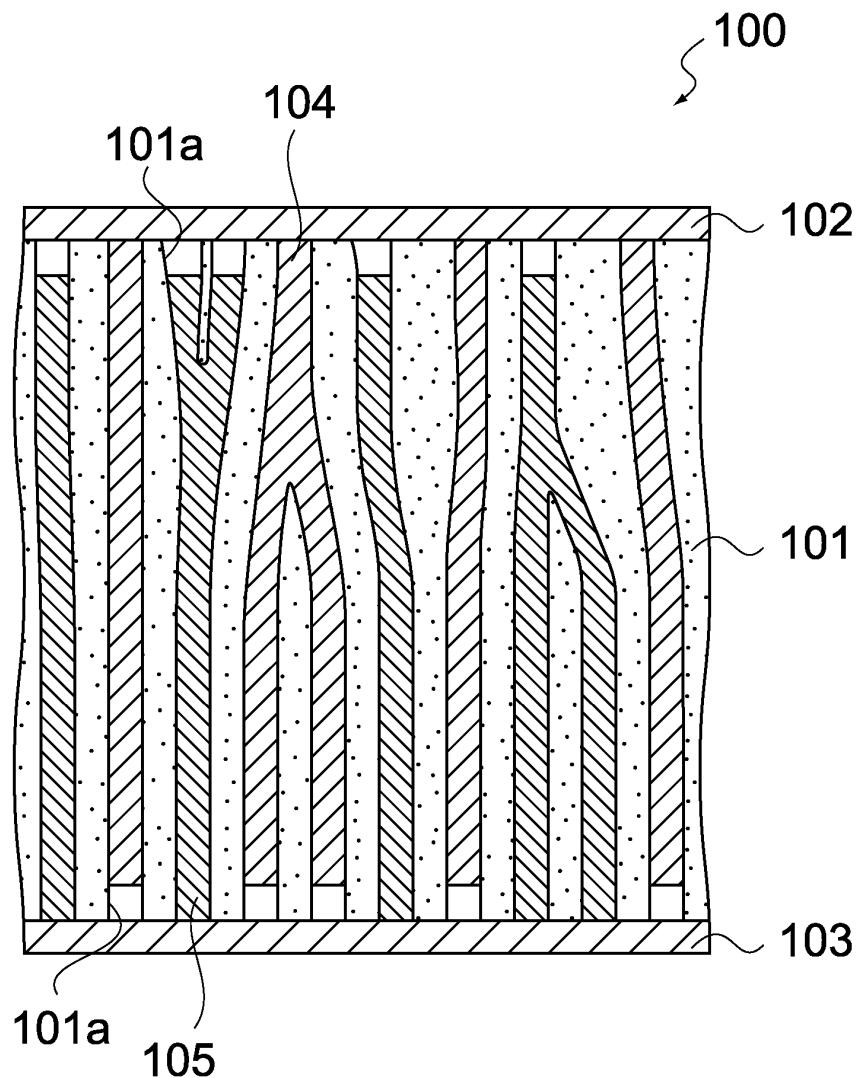
도면15



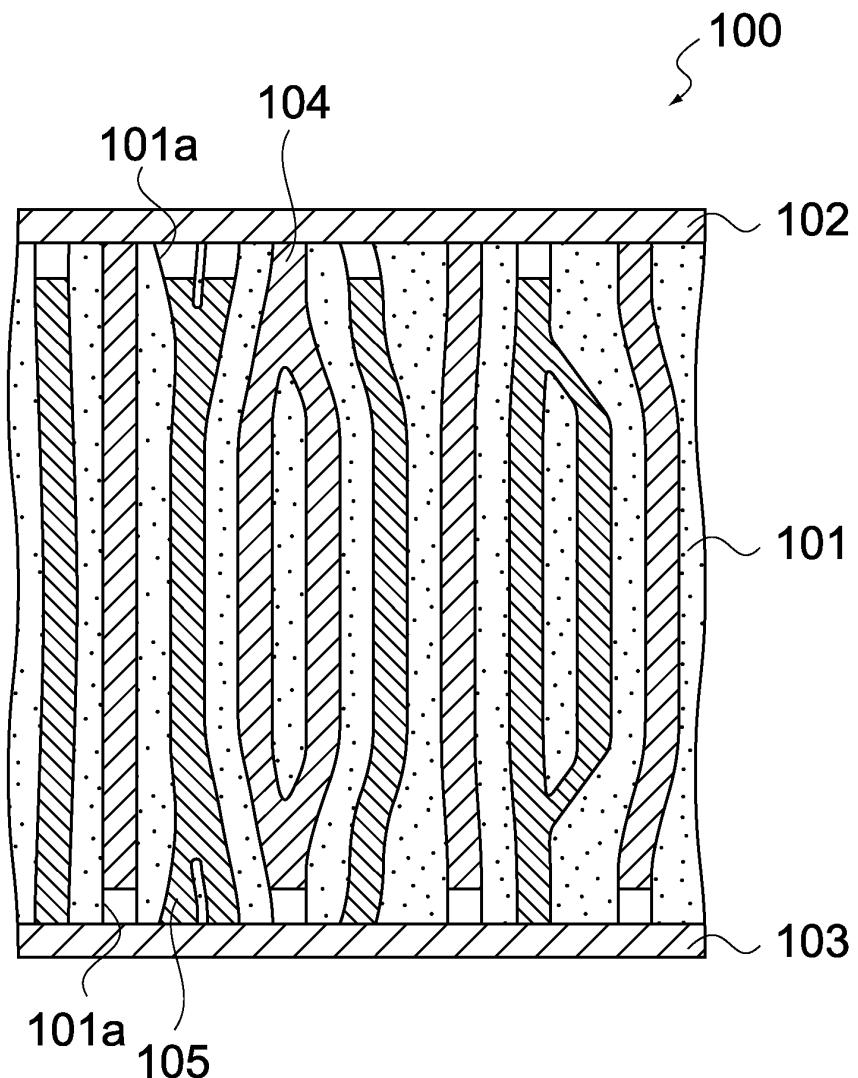
도면16



도면17



도면18



도면19

