



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0077393  
(43) 공개일자 2017년07월06일

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/> <math>H01B\ 3/12</math> (2006.01) <math>C01G\ 23/00</math> (2006.01)<br/> <math>H01B\ 3/10</math> (2006.01) <math>H01G\ 4/10</math> (2006.01)<br/> <math>H01G\ 4/30</math> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/> <math>H01B\ 3/12</math> (2013.01)<br/> <math>C01G\ 23/006</math> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2015-0187239<br/> (22) 출원일자 2015년12월28일<br/> 심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인<br/> <b>삼성전기주식회사</b><br/> 경기도 수원시 영통구 매영로 150 (매탄동)</p> <p>(72) 발명자<br/> <b>박중덕</b><br/> 경기도 수원시 영통구 매영로 150 (매탄동)<br/> <b>이주희</b><br/> 경기도 수원시 영통구 매영로 150 (매탄동)<br/> (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/> <b>특허법인씨엔에스</b></p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

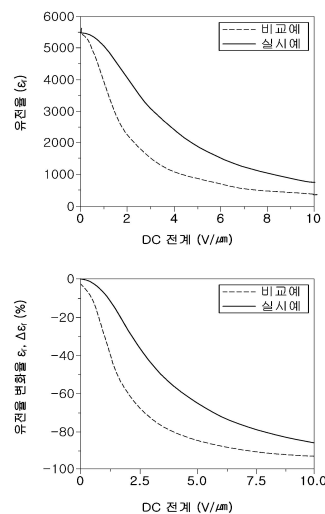
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 유전체 자기 조성물 및 이를 포함하는 적층 세라믹 커패시터

(57) 요약

본 발명의 일 실시형태에 따르면  $BaTiO_3$ 로 표시되는 제1 주성분 및  $PbTiO_3$ 로 표시되는 제2 주성분을 포함하는  $(1-x)BaTiO_3-xPbTiO_3$ 로 표시되는 모재 분말을 포함하며, 상기  $x$ 는  $0.0025 \leq x \leq 0.4$ 를 만족하고, 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물 및 이를 포함하는 적층 세라믹 커패시터를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01B 3/08* (2013.01)

*H01B 3/10* (2013.01)

*H01G 4/10* (2013.01)

*H01G 4/30* (2013.01)

(72) 발명자

**이우진**

경기도 수원시 영통구 매영로 150 (매탄동)

---

**윤석현**

경기도 수원시 영통구 매영로 150 (매탄동)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분 및 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하는 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재 분말을 포함하며, 상기 x는  $0.0025 \leq x \leq 0.4$ 를 만족하고, 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Mn, V, Cr, Fe, Ni, Co, Cu 및 Zn 중 적어도 하나를 포함하는 산화물 또는 탄산염인 0.1 내지 2.0 몰%의 제1 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Si를 포함하는 산화물 또는 Si를 포함하는 글라스(Glass) 화합물인 0.2 내지 5.0 몰%의 제2 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Li를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물인 0.4 내지 12.0 몰%의 제3 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Dy, Y, Ho, Sm, Gd, Er, La 및 Tb 중 적어도 하나를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 각 원소 at% 기준으로 0 내지 4.0 at%의 제5 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물.

#### 청구항 6

제3항에 있어서,

상기 제4 부성분은 Ba/Si의 몰비가 0 내지 4.0을 만족하도록 Ba를 포함하는 유전체 자기 조성물.

#### 청구항 7

유전체층과 제1 및 제2 내부전극이 교대로 적층된 세라믹 본체; 및

상기 세라믹 본체의 양 단부에 형성되며, 상기 제1 및 제2 내부전극과 전기적으로 연결되는 제1 및 제2 외부전극;을 포함하고,

상기 유전체층은  $\text{BaTiO}_3$ 로 표시되는 제1 주성분 및  $\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 제2 주성분을 포함하는  $(1-x)\text{BaTiO}_3-x\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 모재 분말을 포함하며, 상기  $x$ 는  $0.0025 \leq x \leq 0.4$ 를 만족하고, 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물을 포함하는 적층 세라믹 커패시터.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Mn, V, Cr, Fe, Ni, Co, Cu 및 Zn 중 적어도 하나를 포함하는 산화물 또는 탄산염인 0.1 내지 2.0 몰%의 제1 부성분을 더 포함하는 적층 세라믹 커패시터.

#### 청구항 9

제7항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Si를 포함하는 산화물 또는 Si를 포함하는 글라스(Glass) 화합물인 0.2 내지 5.0 몰%의 제2 부성분을 더 포함하는 적층 세라믹 커패시터.

#### 청구항 10

제7항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Li를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물인 0.4 내지 12.0 몰%의 제3 부성분을 더 포함하는 적층 세라믹 커패시터.

#### 청구항 11

제7항에 있어서,

상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Dy, Y, Ho, Sm, Gd, Er, La 및 Tb 중 적어도 하나를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 각 원소 at% 기준으로 0 내지 4.0 at%의 제5 부성분을 더 포함하는 적층 세라믹 커패시터.

#### 청구항 12

제9항에 있어서,

상기 제4 부성분은 Ba/Si의 몰비가 0 내지 4.0을 만족하도록 Ba를 포함하는 적층 세라믹 커패시터.

### 발명의 설명

### 기술 분야

본 발명은 DC-bias 특성이 우수한 신규 유전체 자기 조성물 및 이를 포함하는 적층 세라믹 커패시터에 관한 것이다.

[0001]

## 배경 기술

- [0002] 일반적으로 커패시터, 인덕터, 압전 소자, 바리스터, 또는 서미스터 등의 세라믹 재료를 사용하는 전자부품은 세라믹 재료로 이루어진 세라믹 본체, 본체 내부에 형성된 내부전극 및 상기 내부전극과 접속되도록 세라믹 본체 표면에 설치된 외부전극을 구비한다.
- [0004] 세라믹 전자부품 중 적층 세라믹 커패시터는 적층된 복수의 유전체층, 일 유전체층을 사이에 두고 대향 배치되는 내부전극, 상기 내부전극에 전기적으로 접속된 외부전극을 포함한다.
- [0006] 적층 세라믹 커패시터는 소형이면서 고용량이 보장되고, 실장이 용이하다는 장점으로 인하여 컴퓨터, PDA, 휴대폰 등의 이동 통신장치의 부품으로서 널리 사용되고 있다.
- [0008] 적층 세라믹 커패시터는 통상적으로 내부 전극용 페이스트와 유전체층용 페이스트를 시트법이나 인쇄법 등에 의해 적층하고 동시 소성하여 제조된다.
- [0010] 최근 고용량 적층 세라믹 커패시터의 개발이 진행됨에 따라 유전체층의 두께가 얇아져서 신뢰성, 고온 내전압 및 쇼트 불량률의 문제가 대두되고 있다.
- [0011] 이를 해결하기 위해 미립의 티탄산바륨 입자를 사용하여 왔으나, 이 경우 고용량을 얻기 어려워, 미립의 입자를 사용하되 결정립의 크기를 크게 함으로써, 신뢰성이 우수한 고용량 적층 세라믹 커패시터를 구현하는 방법이 시도되고 있다.
- [0013] 그러나, 티탄산바륨의 결정립 크기를 크게 할 경우 유전율은 상승하나 DC-bias 특성이 나빠지는 문제가 있다. 즉, DC 전압 인가시 용량 감소 변화율이 커지게 되는 것이다.
- [0014] DC-bias 특성은 결정립의 크기가 커질수록 나빠지기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위해서는 결정립의 크기가 작으면서도 높은 유전율을 구현할 수 있는 유전체 재료의 개발이 필요한 실정이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 1999-0075846

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0017] 본 발명의 목적은 DC-bias 특성이 우수한 신규 유전체 자기 조성물 및 이를 포함하는 적층 세라믹 커패시터를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 일 실시 형태는 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분 및 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하는 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재 분말을 포함하며, 상기 x는 0.0025≤x≤0.4를 만족하고, 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물을 제공한다.

[0020] 본 발명의 다른 실시형태는 유전체층과 제1 및 제2 내부전극이 교대로 적층된 세라믹 본체; 및 상기 세라믹 본체의 양 단부에 형성되며, 상기 제1 및 제2 내부전극과 전기적으로 연결되는 제1 및 제2 외부전극;을 포함하고, 상기 유전체층은  $\text{BaTiO}_3$ 로 표시되는 제1 주성분 및  $\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 제2 주성분을 포함하는  $(1-x)\text{BaTiO}_3-x\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 모재 분말을 포함하며, 상기  $x$ 는  $0.0025 \leq x \leq 0.4$ 를 만족하고, 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함하는 유전체 자기 조성물을 포함하는 적층 세라믹 커패시터를 제공한다.

### 발명의 효과

[0022] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 유전체 주재료인  $\text{BaTiO}_3$ 와 자발 분극의 크기가 큰  $\text{PbTiO}_3$ 을 적정 함량으로 복합화함으로써, 높은 유전율을 얻음과 동시에 DC-bias 특성이 우수한 유전체 자기 조성물 및 이를 포함하는 적층 세라믹 커패시터를 구현할 수 있다.

[0024] 또한, 부성분을 적정 함량으로 더 포함함으로써, 높은 유전율을 얻음과 동시에 신뢰성이 우수한 적층 세라믹 커패시터를 구현할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은  $\text{BaTiO}_3$ 로 표시되는 제1 주성분 및  $\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 제2 주성분을 포함하는  $(1-x)\text{BaTiO}_3-x\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 모재 분말을 이용한 실시예와 종래  $\text{BaTiO}_3$ 로 표시되는 모재 분말을 이용한 비교예의 DC 전계 대비 유전율 ( $\epsilon_r$ )과 유전율의 변화율을 나타내는 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 세라믹 커패시터를 나타내는 개략적인 사시도이다.

도 3은 도 2의 A-A'를 따라 취한 적층 세라믹 커패시터를 나타내는 개략적인 단면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태들을 설명한다.

[0028] 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시형태는 당해 기술 분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다.

[0030] 본 발명은 유전체 자기 조성물에 관한 것으로, 유전체 자기 조성물을 포함하는 전자부품은 커패시터, 인덕터, 압전체 소자, 바리스터, 또는 서미스터 등이 있으며, 이하에서는 유전체 자기 조성물 및 전자부품의 일례로서 적층 세라믹 커패시터에 관하여 설명한다.

[0032] 본 발명의 일 실시 형태에 따른 유전체 자기 조성물은  $\text{BaTiO}_3$ 로 표시되는 제1 주성분 및  $\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 제2 주성분을 포함하는  $(1-x)\text{BaTiO}_3-x\text{PbTiO}_3$ 로 표시되는 모재 분말을 포함하며, 상기  $x$ 는  $0.0025 \leq x \leq 0.4$ 를 만족하고, 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함한다.

[0034] 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물은 EIA(Electronic Industries Association) 규격에서 명시

한 X5R(-55℃~85℃), X7R(-55℃~125℃), X8R(-55℃~150℃) 그리고, X9R(-55℃~200℃) 특성을 만족할 수 있다.

- [0036] 또한, 이를 이용한 적층 세라믹 커패시터를 제공하여 상기 온도 특성을 만족함과 동시에 우수한 신뢰성을 구현할 수 있다.
- [0038] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물의 각 성분을 보다 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0040] a) 모재 분말
- [0041] 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물은 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분 및 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하는 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재 분말을 포함한다.
- [0043] 상기 식에서, x는  $0.0025 \leq x \leq 0.4$ 를 만족할 수 있다.
- [0045] 상기 제1 주성분은 BaTiO<sub>3</sub>로 표시될 수 있으며, 상기 BaTiO<sub>3</sub>는 일반적인 유전체 모재에 사용되는 재료로서, 큐리 온도가 대략 125도 정도인 강유전체 재료이다.
- [0047] 또한, 상기 제2 주성분은 PbTiO<sub>3</sub>로 표시된다.
- [0048] 상기 제2 주성분인 PbTiO<sub>3</sub>는 제1 주성분인 BaTiO<sub>3</sub>에 비하여 자발 분극의 크기가 크다.
- [0049] 다만, PbTiO<sub>3</sub>는 분역벽(Domain wall)의 이동도(Mobility)가 낮아 유전율이 낮은 문제가 있다.
- [0051] 일반적으로 강유전체가 높은 유전율을 가지기 위해서는 자발 분극의 크기가 크고 동시에 분역벽(Domain wall)의 이동도(Mobility)가 커서 이러한 분극들이 외부 전기 방향에 따라 쉽게 스위칭할 수 있어야 한다.
- [0053] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분과 제1 주성분에 비해 자발 분극의 크기가 큰 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하되, 제2 주성분을 적정량 포함함으로써, 자발 분극의 크기를 크게 함과 동시에 분역벽(Domain wall)의 이동도(Mobility)를 향상시켜 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재에 비해 보다 작은 결정립 크기에서도 높은 유전율을 구현할 수 있다.
- [0055] 이로 인해, 유전율이 높으면서 동시에 DC-bias 특성이 우수한 유전체 자기 조성물을 구현할 수 있다.
- [0057] 즉, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물의 모재 분말은 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분 및 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하는 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>로 표시되되, 제2 주성분인 PbTiO<sub>3</sub>의 함량이  $0.0025 \leq x \leq 0.4$ 를 만족함으로써, 상기의 효과를 얻을 수 있다.
- [0059] 상기 x가 0.0025 미만이면 DC-bias 특성이 나빠지는 문제가 있다.

- [0060] 한편,  $x$ 가 0.4를 초과하면 상온 유전율이 3000 미만으로 낮아지는 문제가 있다.
- [0062] 또한, 상기 유전체 자기 조성물의 모재 분말은 제1 주성분과 제2 주성분이 고용체 형태일 수도 있다.
- [0063] 상기 모재 분말이 서로 고용된 형태일 경우에는 상기 모재 분말은 단일상 형태일 수 있으며, 유전율, 온도 특성, 정전용량 변화율(temperature coefficient of capacitance, TCC), DC-bias 특성 및 손실을 등이 두 재료가 혼합된 형태보다 우수할 수 있다.
- [0065] 상기 모재 분말은 특별히 제한되는 것은 아니나, 분말의 평균 입경은 1000 nm 이하일 수 있다.
- [0067] b)제1 부성분
- [0068] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 유전체 자기 조성물은 제1 부성분으로서, Mn, V, Cr, Fe, Ni, Co, Cu 및 Zn 중 적어도 하나 이상을 포함하는 산화물 혹은 탄산염을 더 포함할 수 있다.
- [0070] 상기 제1 부성분으로서, Mn, V, Cr, Fe, Ni, Co, Cu 및 Zn 중 적어도 하나 이상을 포함하는 산화물 혹은 탄산염은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 0.1 내지 2.0 몰%의 함량으로 포함될 수 있다.
- [0072] 상기 제1 부성분은 유전체 자기 조성물이 적용된 적층 세라믹 커패시터의 소성 온도 저하 및 고온 내전압 특성을 향상시키는 역할을 한다.
- [0074] 상기 제1 부성분의 함량 및 후술하는 제2 부성분의 함량은 모재 분말 100 몰%에 대하여 포함되는 양으로서, 특히 각 부성분이 포함하는 금속 이온의 몰%로 정의될 수 있다.
- [0076] 상기 제1 부성분의 함량이 0.1 몰% 미만이면 소성 온도가 높아지고 고온 내전압 특성이 다소 저하될 수 있다.
- [0078] 상기 제1 부성분의 함량이 2.0 몰% 이상의 경우에는 고온 내전압 특성 및 상온 비저항이 저하될 수 있다.
- [0080] 특히, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물은 모재 분말 100 몰%에 대하여 0.1 내지 2.0 몰%의 함량을 갖는 제1 부성분을 더 포함할 수 있으며, 이로 인하여 저온 소성이 가능하며 높은 고온 내전압 특성을 얻을 수 있다.
- [0082] c)제2 부성분
- [0083] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 유전체 자기 조성물은 제2 부성분으로서, Si를 포함하는 산화물 또는 Si를 포함하는 글라스(Glass) 화합물을 포함할 수 있다.
- [0085] 상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Si를 포함하는 산화물 또는 Si를 포함하는 글라스(Glass) 화합물인 0.2 내지 5.0 몰%의 제2 부성분을 더 포함할 수 있다.
- [0087] 상기 제2 부성분은 유전체 자기 조성물이 적용된 적층 세라믹 커패시터의 소성 온도 저하 및 고온 내전압 특성을 향상시키는 역할을 한다.



- [0089] 상기 제2 부성분의 함량이 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 0.2 몰% 미만이면 소성 온도가 높아질 수 있다.
- [0091] 상기 제2 부성분의 함량이 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 5.0 몰% 이상의 경우에는 고온 내전압 특성이 저하될 수 있다.
- [0093] 특히, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 0.2 내지 5.0 몰%의 함량을 갖는 제2 부성분을 더 포함할 수 있으며, 이로 인하여 저온 소성이 가능하며 높은 고온 내전압 특성을 얻을 수 있다.
- [0095] d)제3 부성분
- [0096] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 유전체 자기 조성물은 Li를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물인 제3 부성분을 더 포함할 수 있다.
- [0098] 상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Li를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물인 0.4 내지 12.0 몰%의 제3 부성분을 더 포함할 수 있다.
- [0100] 상기 제3 부성분은 유전체 자기 조성물이 적용된 적층 세라믹 커패시터의 소성 온도 저하 및 고온 내전압 특성을 향상시키는 역할을 한다.
- [0101] 또한, 상기 제3 부성분은 내부전극으로서 구리(Cu)를 사용한 경우에도 적층 세라믹 커패시터의 목표 특성을 얻을 수 있는 효과가 있다.
- [0103] 상기 제3 부성분의 함량이 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 0.4 몰% 미만이면 소성 온도가 높아질 수 있으며, 유전율이 낮고 고온 내전압 특성이 저하될 수 있다.
- [0105] 상기 제3 부성분의 함량이 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 12.0 몰% 이상의 경우에는 이차상 생성 등으로 인해 고온 내전압 특성이 저하될 수 있다.
- [0107] 특히, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 0.4 내지 12.0 몰%의 함량을 갖는 제3 부성분을 더 포함할 수 있으며, 이로 인하여 구리(Cu)를 내부전극으로 사용할 수 있으며, 저온 소성이 가능하고 높은 고온 내전압 특성을 얻을 수 있다.
- [0109] e)제4 부성분
- [0110] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 유전체 자기 조성물은 Ba을 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물인 제4 부성분을 더 포함할 수 있다.
- [0112] 상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba을 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함할 수 있다.

- [0114] 상기 제4 부성분은 유전체 자기 조성물이 적용된 적층 세라믹 커패시터의 유전율을 높이는 역할을 한다.
- [0115] 또한, 상기 제4 부성분은 내부전극으로서 구리(Cu)를 사용하고 환원 분위기( $N_2$  분위기)에서 소성한 경우에도 적층 세라믹 커패시터의 목표 특성을 얻을 수 있는 효과가 있다.
- [0117] 상기 제4 부성분의 함량이 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba at% 기준으로 3.0 at%를 초과하는 경우에는 고온 내전압 특성이 저하될 수 있다.
- [0119] 특히, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함할 수 있으며, 이로 인하여 구리(Cu)를 내부전극으로 사용할 수 있으며, 환원 분위기에서 소성이 가능하며, 높은 유전율과 우수한 고온 내전압 특성을 얻을 수 있다.
- [0121] 한편, 본 발명의 일 실시형태에 따르면 상기 제4 부성분은 Ba/Si의 몰비가 0 내지 4.0을 만족하도록 Ba를 포함할 수 있다.
- [0123] Si를 포함하는 산화물 또는 Si를 포함하는 글라스(Glass) 화합물을 포함하는 제2 부성분과 상기 제4 부성분의 몰비가 0 내지 4.0을 만족하도록 조절함으로써, 높은 유전율을 얻음과 동시에 우수한 고온 내전압 특성을 얻을 수 있다.
- [0125] 구체적으로, 상기 Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물인 제4 부성분의 Ba 함량이 3.0 at%를 초과하는 경우에도 제2 부성분인 Si의 함량을 증가시켜 Ba/Si의 몰비가 4.0을 만족하도록 조절할 경우 고온 내전압 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0127] 그러나, Ba/Si의 몰비가 4.0을 초과하는 경우에는 내전압 특성이 저하될 수 있고, 신뢰성에 문제가 생길 수 있다.
- [0129] f) 제5 부성분
- [0130] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 유전체 자기 조성물은 Dy, Y, Ho, Sm, Gd, Er, La 및 Tb 중 적어도 하나를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물인 제5 부성분을 더 포함할 수 있다.
- [0132] 상기 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Dy, Y, Ho, Sm, Gd, Er, La 및 Tb 중 적어도 하나를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 각 원소 at% 기준으로 0 내지 4.0 at%의 제5 부성분을 더 포함할 수 있다.
- [0134] 상기 제5 부성분은 유전체 자기 조성물이 적용된 적층 세라믹 커패시터의 DC-bias 특성을 개선하고, 고온 내전압을 증가시켜 신뢰성을 향상시키는 역할을 한다.
- [0136] 상기 제5 부성분의 함량이 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, 각 원소 at% 기준으로 4.0 at%를 초과하는 경우에는 상온 유전율이 감소하여 목표 특성 구현을 할 수 없다.

- [0138] 특히, 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물은 상기 모재 분말 100 몰%에 대하여, Dy, Y, Ho, Sm, Gd, Er, La 및 Tb 중 적어도 하나를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 각 원소 at% 기준으로 0 내지 4.0 at%의 제5 부성분을 더 포함할 수 있으며, 이로 인하여 DC-bias 특성을 개선하고, 고온 내전압을 증가시켜 신뢰성을 향상시킬 수 있다.
- [0140] 도 1은 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분 및 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하는 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재 분말을 이용한 실시예와 종래 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재 분말을 이용한 비교예의 DC 전계 대비 유전율 ( $\epsilon_r$ )과 유전율의 변화율을 나타내는 그래프이다.
- [0142] 도 1을 참조하면, 큐리 온도가 125℃인 BaTiO<sub>3</sub> 상용 X5R 유전체 재료를 적용한 비교예에 비해 본 발명의 실시예인 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분 및 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하는 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재 분말을 이용한 경우, DC-bias 특성이 우수함을 알 수 있다.
- [0144] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 적층 세라믹 커패시터(100)를 나타내는 개략적인 사시도이고, 도 3은 도 2의 A-A'를 따라 취한 적층 세라믹 커패시터(100)를 나타내는 개략적인 단면도이다.
- [0146] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 적층 세라믹 커패시터(100)는 유전체층(111)과 제1 및 제2 내부 전극(121, 122)이 교대로 적층된 세라믹 본체(110)를 가진다. 세라믹 본체(110)의 양 단부에는 세라믹 본체(110)의 내부에 교대로 배치된 제1 및 제2 내부 전극(121, 122)과 각각 도통하는 제1 및 제2 외부 전극(131, 132)이 형성되어 있다.
- [0148] 세라믹 본체(110)의 형상에 특별히 제한은 없지만, 일반적으로 육면체 형상일 수 있다. 또한, 그 치수도 특별히 제한은 없고, 용도에 따라 적절한 치수로 할 수 있고, 예를 들면 (0.6~5.6mm)×(0.3~5.0mm)×(0.3~1.9mm)일 수 있다.
- [0150] 유전체층(111)의 두께는 커패시터의 용량 설계에 맞추어 임의로 변경할 수 있는데, 본 발명의 일 실시예에서 소성 후 유전체층의 두께는 1층당 바람직하게는 0.2 $\mu$ m 이상일 수 있다.
- [0151] 너무 얇은 두께의 유전체층은 한층 내에 존재하는 결정립 수가 작아 신뢰성에 나쁜 영향을 미치기 때문에 유전체층의 두께는 0.2  $\mu$ m 이상일 수 있다.
- [0153] 제1 및 제2 내부 전극(121, 122)은 각 단면이 세라믹 본체(110)의 대향하는 양 단부의 표면에 교대로 노출되도록 적층되어 있다.
- [0154] 상기 제1 및 제2 외부 전극(131, 132)은 세라믹 본체(110)의 양 단부에 형성되고, 교대로 배치된 제1 및 제2 내부 전극(121, 122)의 노출 단면에 전기적으로 연결되어 커패시터 회로를 구성한다.
- [0156] 상기 제1 및 제2 내부 전극(121, 122)에 함유되는 도전성 재료는 특별히 한정되지 않지만, 본 발명의 일 실시형태에서는 팔라듐(Pd), 구리(Cu) 혹은 니켈(Ni)을 이용할 수 있다.
- [0158] 상기 제1 및 제2 내부 전극(121, 122)의 두께는 용도 등에 따라 적절히 결정할 수 있으며 특별히 제한되는 것은 아니나, 예를 들면 0.1 내지 5 $\mu$ m 또는 0.1~2.5 $\mu$ m일 수 있다.

- [0160] 상기 제1 및 제2 외부 전극(131, 132)에 함유되는 도전성 재료는 특별히 한정되지 않지만, 니켈(Ni), 구리(Cu), 또는 이들 합금을 이용할 수 있다.
- [0161] 상기 제1 및 제2 외부 전극(131, 132)의 두께는 용도 등에 따라 적절히 결정할 수 있으며 특별히 제한되는 것은 아니나, 예를 들면 10 내지 50 $\mu$ m 일 수 있다.
- [0162]
- [0163] 상기 세라믹 본체(110)를 구성하는 유전체층(111)은 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물을 포함할 수 있다.
- [0165] 상기 유전체 자기 조성물은 BaTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제1 주성분 및 PbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 제2 주성분을 포함하는 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>로 표시되는 모재 분말을 포함하며, 상기 x는 0.0025 $\leq$ x $\leq$ 0.4를 만족하고, 상기 모재 분말 100 물%에 대하여, Ba를 포함하는 산화물, 탄산염 또는 불화물이며, 그 함량이 Ba at% 기준으로 0 내지 3.0 at%의 제4 부성분을 더 포함할 수 있다.
- [0167] 상기 유전체 자기 조성물에 대한 구체적인 설명은 상술한 본 발명의 일 실시형태에 따른 유전체 자기 조성물의 특징과 동일하므로 여기서는 생략하도록 한다.
- [0169] 이하, 실시예 및 비교예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하지만, 이는 발명의 구체적인 이해를 돕기 위한 것으로 본 발명의 범위가 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0171] 원료 분말은 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>-xPbTiO<sub>3</sub>을 주성분으로 하며, 평균 입자 크기가 300 nm인 주성분 분말을 사용하였다.
- [0172] 하기 표 1 및 3에 기재된 조성비에 맞게 이들을 에탄올과 톨루엔을 용매로 하여 분산제와 함께 혼합한 후, 바인더를 혼합하여 세라믹 시트를 제작하였다.
- [0174] 하기 표 1에 기재된 조성에 의해 성형된 세라믹 시트에는 팔라듐(Pd) 내부전극을 인쇄하고, 표 3에 기재된 조성에 의해 성형된 세라믹 시트에는 구리(Cu) 내부전극을 인쇄하였다.
- [0176] 상하 커버층으로는 10 내지 13 $\mu$ m의 두께를 갖는 성형 시트로 25층으로 적층하였고, 약 2.0 $\mu$ m의 두께를 갖는 내부전극이 인쇄된 시트를 21층 적층하여 액티브 층을 제작하여 바를 제조하였다.
- [0178] 압착바는 절단기를 이용하여 3216(길이 $\times$ 폭 $\times$ 두께가 3.2mm $\times$ 1.6mm $\times$ 1.6mm) 크기의 칩으로 절단하였다.
- [0179] 제작이 완료된 칩을 가소한 뒤에 하기 표 1에 해당하는 시편들에 대해서는 대기 중에서(Air 분위기) 1180 ~ 1250 $^{\circ}$ C의 온도 범위에서 소성을 진행하고, 표 3에 해당하는 시편들에 대해서는 환원 분위기(0.1% H<sub>2</sub>/99.9% N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O/H<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> 분위기)에서 940 ~ 980 $^{\circ}$ C의 온도 범위에서 소성을 진행하였다.
- [0180] 소성된 칩에 대하여 구리(Cu) 페이스트로 터미네이션 공정 및 전극 소성을 거쳐 외부전극을 완성하였다.
- [0182] 상기와 같이 완성된 프로토 타입 적층 세라믹 커패시터(Proto-type MLCC) 시편에 대해 용량, DF, 절연저항, TCC 및 고온 150 $^{\circ}$ C에서 전압 step 증가에 따른 저항 열화 거동 등을 평가하였다.
- [0183] 적층 세라믹 커패시터(MLCC) 칩의 상온 정전 용량 및 유전 손실은 LCR-meter를 이용하여 1 kHz, AC 0.5 V/ $\mu$ m 조

건에서 용량을 측정하였다.

- [0184] 정전 용량과 적층 세라믹 커패시터(MLCC) 칩의 유전체 두께, 내부전극 면적, 적층수로부터 적층 세라믹 커패시터(MLCC) 칩의 유전율을 계산하였다.
- [0185] 상온 절연 저항(IR)은 10 개씩의 샘플을 취하여 DC 10 V/ $\mu\text{m}$  를 인가한 상태에서 60초 경과 후 측정하였다.
- [0187] 온도에 따른 정전용량의 변화는  $-55^{\circ}\text{C}$ 에서  $125^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 측정되었다.
- [0189] 고온 IR 승압 실험은  $150^{\circ}\text{C}$ 에서 전압 단계를 5 V/ $\mu\text{m}$  씩 증가시키면서 저항 열화 거동을 측정하였는데, 각 단계의 시간은 10분이며 5초 간격으로 저항값을 측정하였다.
- [0190] 고온 IR 승압 실험으로부터 고온 내전압을 도출하였는데, 이는 소성 후 7 $\mu\text{m}$  두께의 20층의 유전체를 가지는 3216 크기 칩에서  $150^{\circ}\text{C}$ 에서 전압 스텝(Voltage step) dc 5 V/ $\mu\text{m}$ 를 10분간 인가하고 이 전압 스텝을 계속 증가시키면서 측정할 때, IR이  $10^5 \Omega$  이상을 견디는 전압을 의미한다.
- [0192] RC 값은 AC 0.5 V/ $\mu\text{m}$ , 1 kHz에서 측정한 상온 용량값과 DC 10 V/ $\mu\text{m}$  에서 측정한 절연 저항값의 곱이다.
- [0194] 유전체의 미세구조는 SEM(Scanning Electron Microscopy) 이미지로 관찰하였으며, 이로부터 결정립의 크기를 산출하였다.

표 1

| 실험예 | 모재 각 성분 mol 비율<br>(1-x)BaTiO <sub>3</sub> + xPbTiO <sub>3</sub> |                           | 모재 BT-PT 100 mole 당<br>각 첨가제 mole 수 |                               |                  |                                 |      |
|-----|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------|------|
|     | 제 1 주성분                                                         | 제 2 주성분                   | 1 부성분                               |                               | 2 부성분            | 3 부성분                           |      |
|     | BaTiO <sub>3</sub><br>(1-x)                                     | PbTiO <sub>3</sub><br>(x) | MnO <sub>2</sub>                    | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | LiF  |
| 1   | 1.000                                                           | 0.0000                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 2   | 0.998                                                           | 0.0025                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 3   | 0.995                                                           | 0.0050                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 4   | 0.990                                                           | 0.0100                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 5   | 0.975                                                           | 0.0250                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 6   | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 7   | 0.925                                                           | 0.0750                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 8   | 0.900                                                           | 0.1000                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 9   | 0.800                                                           | 0.2000                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 10  | 0.700                                                           | 0.3000                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 11  | 0.600                                                           | 0.4000                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 12  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.000                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 13  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.100                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 14  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.200                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 15  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 1.000                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 16  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 2.000                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 17  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 3.000                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 18  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.250                               | 0.125                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 19  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 1.000                               | 0.500                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 20  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 1.500                               | 0.750                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 21  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.000                               | 0.250                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 22  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.000                               | 1.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 23  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.000                               | 1.500                         | 0.50             | 0.00                            | 0.00 |
| 24  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.00             | 0.00                            | 0.00 |
| 25  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.20             | 0.00                            | 0.00 |
| 26  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 1.00             | 0.00                            | 0.00 |
| 27  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 2.00             | 0.00                            | 0.00 |
| 28  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 5.00             | 0.00                            | 0.00 |
| 29  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 7.00             | 0.00                            | 0.00 |

[0196]

[0198] 아래 표 2는 상기 표 1에 명시된 조성에 해당하는 프로토타입 적층 세라믹 커패시터(Proto-type MLCC) 칩의 특성을 나타낸다.

표 2

| 실<br>험<br>예 | Pd-MLCC Proto-type SPL 특성<br>(유전율/DF 측정조건: AC 0.5V/um, 1kHz)<br>(상온비저항: DC 10V/um) |           |       |                  |                  |                   |                                     |                                 |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|----|
|             | 결정<br>립<br>크기<br>(um)                                                              | 상온<br>유전율 | DF(%) | RC 값<br>(Ohm-cm) | TCC(%)<br>(85°C) | TCC(%)<br>(125°C) | DC-bias<br>변화율(%)<br>(@DC3V/u<br>m) | 고온<br>(150°C)<br>내전압<br>(V/um)* | 판정 |
| 1           | 1.80                                                                               | 5624.0    | 12.50 | 2586             | 1.2%             | -19.5%            | -66.0%                              | 60                              | X  |
| 2           | 1.40                                                                               | 5471.0    | 11.20 | 2631             | 0.8%             | -18.4%            | -54.9%                              | 60                              | X  |
| 3           | 0.60                                                                               | 5483.0    | 10.60 | 2665             | 0.5%             | -14.8%            | -46.5%                              | 65                              | O  |
| 4           | 0.40                                                                               | 5623.0    | 9.30  | 2734             | 1.1%             | -12.5%            | -40.4%                              | 70                              | O  |
| 5           | 0.30                                                                               | 5689.0    | 8.50  | 2846             | 1.7%             | -8.2%             | -34.2%                              | 80                              | O  |
| 6           | 0.30                                                                               | 5732.0    | 7.70  | 3045             | 2.4%             | -4.7%             | -32.7%                              | 85                              | O  |
| 7           | 0.30                                                                               | 5214.0    | 6.80  | 3114             | 2.6%             | -2.5%             | -31.8%                              | 85                              | O  |
| 8           | 0.30                                                                               | 4856.0    | 6.20  | 3220             | 2.8%             | -1.3%             | -30.6%                              | 85                              | O  |
| 9           | 0.30                                                                               | 4427.0    | 5.90  | 3048             | 3.1%             | -0.4%             | -28.4%                              | 85                              | O  |
| 10          | 0.30                                                                               | 3628.0    | 4.80  | 2748             | 3.5%             | 1.2%              | -25.7%                              | 75                              | O  |
| 11          | 0.30                                                                               | 2967.0    | 3.50  | 2531             | 4.1%             | 1.6%              | -23.5%                              | 65                              | X  |
| 12          | 0.30                                                                               | 6627.0    | 14.8  | 12               | -                | -                 | -                                   | 5                               | X  |
| 13          | 0.30                                                                               | 6483.0    | 11.20 | 1128             | 2.6%             | -5.7%             | 37.5%                               | 55                              | O  |
| 14          | 0.30                                                                               | 6081.0    | 10.60 | 1647             | 2.4%             | -5.3%             | -36.4%                              | 60                              | O  |
| 15          | 0.30                                                                               | 4523.0    | 5.84  | 3127             | 1.6%             | -2.3%             | -29.9%                              | 80                              | O  |
| 16          | 0.30                                                                               | 3368.0    | 4.26  | 1542             | 1.4%             | 0.2%              | -26.4%                              | 70                              | O  |
| 17          | 0.30                                                                               | 2394.0    | 3.12  | 987              | 1.2%             | 0.5%              | -22.6%                              | 60                              | X  |
| 18          | 0.30                                                                               | 5804.0    | 7.86  | 2956             | 2.7%             | -4.5%             | -33.4%                              | 90                              | O  |
| 19          | 0.30                                                                               | 3526.0    | 4.44  | 1371             | 1.5%             | 0.5%              | -27.2%                              | 75                              | O  |
| 20          | 0.30                                                                               | 2455.0    | 3.48  | 842              | 1.5%             | 0.8%              | -21.5%                              | 60                              | X  |
| 21          | 0.30                                                                               | 5645.0    | 7.23  | 2879             | 2.8%             | -4.2%             | -31.8%                              | 85                              | O  |
| 22          | 0.30                                                                               | 3256.0    | 4.12  | 1485             | 1.8%             | 0.5%              | -25.7%                              | 70                              | O  |
| 23          | 0.30                                                                               | 2248.0    | 2.95  | 886              | 1.6%             | 0.7%              | -22.8%                              | 60                              | X  |
| 24          | 0.30                                                                               | 1856.0    | 1.88  | 785              | -                | -                 | -                                   | 5                               | X  |
| 25          | 0.30                                                                               | 5046.0    | 6.55  | 2845             | 1.2%             | -4.0%             | -31.1%                              | 65                              | O  |
| 26          | 0.30                                                                               | 5234.0    | 7.26  | 2948             | 2.1%             | -4.8%             | -33.5%                              | 80                              | O  |
| 27          | 0.30                                                                               | 4538.0    | 6.18  | 2572             | 3.4%             | -1.1%             | -27.8%                              | 70                              | O  |
| 28          | 0.30                                                                               | 3214.0    | 3.71  | 2684             | 3.6%             | 0.8%              | -24.5%                              | 60                              | O  |
| 29          | 0.30                                                                               | 2648.0    | 2.90  | 1847             | 4.4%             | 1.9%              | -22.2%                              | 45                              | X  |

[0200]

[0202] 상기 표 1을 참조하면, 실험예 1~11은 주성분  $(1-x)\text{BaTiO}_3+x\text{PbTiO}_3$  100 mol 대비 제1 부성분  $\text{MnO}_2$ 의 함량이 0.5 mol, 제2 부성분  $\text{SiO}_2$ 의 함량이 0.5 mol 일 때 제1 주성분 함량  $(1-x)$  및 제2 주성분 함량  $x$ 에 따른 실험예를 나타내고, 표 2의 실험예 1~11은 이에 해당하는 Pd-내부전극을 적용하고 대기중 (Air 분위기)에서 소성한 Proto-type 적층 세라믹 커패시터 샘플의 특성을 나타낸다.

[0204]  $\text{PbTiO}_3$  함량  $x$ 가 증가함에 따라 결정립의 크기가 작아지다가 일정해지는 경향을 나타내며, 상온 유전율은 비교적 일정한 값을 유지하다가 감소하는 경향을 확인할 수 있다.

[0206]  $\text{PbTiO}_3$ 가 첨가되지 않은 실험예 1의 경우 상온 유전율은 5624 수준으로 비교적 높게 구현되나 결정립의 크기가  $1.8\mu\text{m}$  수준으로 커서 dc-bias 변화율이 -66.0% 수준으로 문제가 있음을 알 수 있다.



- [0208] 반면에,  $\text{PbTiO}_3$ 의 함량  $x$ 가 0.05인 실험예 6번의 경우 실험예 1번에 비해 동등 이상의 상온 유전율 5732를 나타내면서 결정립의 크기가  $0.3\mu\text{m}$ 로 작아 dc-bias 특성이 -32.7%로 매우 양호한 특성이 구현되는 것을 확인할 수 있다.
- [0210]  $\text{PbTiO}_3$ 의 함량  $x$ 가 0.4 이상으로 지나치게 과량인 실험예 11의 경우에는 상온 유전율이 3000 미만으로 낮아지는 문제가 있다.
- [0212]  $\text{PbTiO}_3$  함량  $x$ 가 0.005 (실험예3) ~ 0.3 (실험예10)의 범위에서 본 발명의 목표 특성인 상온 유전율: 3000 이상, RC값: 1000 Ohm-F 이상, TCC(125℃):  $\pm 15\%$  미만, dc-bias 변화율:  $\pm 50\%$  미만, 고온(150℃) 내전압: 50V/ $\mu\text{m}$  이상의 동시 구현이 가능함을 알 수 있다.
- [0214] 표 1의 실험예 12~17은 제1 주성분 함량  $(1-x)$ 가 0.95이고, 제2 주성분  $x$ 가 0.05이며, 주성분  $(1-x)\text{BaTiO}_3+x\text{PbTiO}_3$  100 mol 대비 제1 부성분  $\text{MnO}_2$ 의 함량이 0.5 mol, 제2 부성분  $\text{SiO}_2$ 의 함량이 0.5 mol 일때, 제1 부성분 Mn 함량에 따른 실험예를 나타내고, 표 2의 실험예 12~17은 이에 해당하는 Pd-내부전극을 적용하고 대기중 (Air 분위기)에서 소성한 Proto-type 적층 세라믹 커패시터 샘플의 특성을 나타낸다.
- [0216] 제1 부성분 Mn의 함량이 0 인 경우 (실험예 12) RC값 및 고온(150℃) 내전압이 매우 낮은 문제가 있으며, 반면에 실험예 17과 같이 Mn의 함량이 3 mol로 지나치게 과량인 경우에는 상온 유전율이 3000 미만으로 낮아지는 문제가 있다.
- [0217] Mn 함량이 0.1 (실험예 12) ~ 2.0 (실험예 16)인 범위에서 본 발명의 목표 특성 구현이 가능함을 확인할 수 있다.
- [0219] 표 1의 실험예 18~23은 제1 부성분에서  $\text{MnO}_2$ 의 일부를  $\text{V}_2\text{O}_5$ 로 변경하거나  $\text{MnO}_2$  전부를  $\text{V}_2\text{O}_5$ 로 변경하여 첨가했을 때의 실험예를 나타내고, 표 2의 실험예 18~23은 해당하는 Proto-type 칩의 특성을 나타낸다.
- [0221] 제1 부성분에서 Mn 혹은 V 등 종류에 상관없이 atomic % 기준으로 그 함량이 동일하면 거의 동일한 특성이 구현되는 것을 확인할 수 있다.
- [0222] 제1 부성분의 함량이 atomic % 기준으로 0.5 at%인 실험예 6, 18, 21의 특성이 거의 동일하며, 2.0 at% 인 실험예 16, 19, 22의 특성 또한 거의 동일함을 확인할 수 있다.
- [0223] 그리고, 제1 부성분의 함량이 atomic % 기준으로 3.0 at%으로 지나치게 과량인 실험예 17, 20, 23의 경우에는 모두 상온 유전율이 3000 미만인 문제가 발생한다.
- [0224] 따라서, 제1 부성분 전이금속 원소의 적정 함량은 원소비로 0.1 ~ 2.0 at%라고 기술할 수 있다.
- [0226] 표 1의 실험예 24~29는 제1 주성분 함량  $(1-x)$ 가 0.95이고, 제2 주성분  $x$ 가 0.05이며, 주성분  $(1-x)\text{BaTiO}_3+x\text{PbTiO}_3$  100 mol 대비 제1 부성분  $\text{MnO}_2$ 의 함량이 0.5 mol일 때 제2 부성분  $\text{SiO}_2$  함량 변화에 따른 실험예를 나타내고, 표 2의 실험예 24~29는 이에 해당하는 Pd-내부전극을 적용하고 대기중 (Air 분위기)에서 소성한 Proto-type 적층 세라믹 커패시터 샘플의 특성을 나타낸다.
- [0228] 제2 부성분  $\text{SiO}_2$  함량이 0 mol 인 경우에는(실험예 24), 소결성이 저하되어 유전율 및 고온 내전압 특성이 매우 낮은 문제가 있다.



[0229] 반면에, SiO<sub>2</sub>의 함량이 7 mol로 지나치게 과량인 경우에도(실험예 29), 상온유전을 및 고온 내전압 특성이 낮은 문제가 발생함을 알 수 있다.

[0230] 제2 부성분 SiO<sub>2</sub> 함량이 0.2 ~ 5.0 mol 범위에 해당하는 실험예 25~28에서는 본 발명의 목표 특성을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0232] 따라서, 제2 부성분 원소의 적정 함량은 Si 원소비로 0.1 ~ 2.0 at% 라고 할 수 있다.

표 3

| 실험예 | 모재 각 성분 mol 비율<br>(1-x)BaTiO <sub>3</sub> + xPbTiO <sub>3</sub> |                           | 모재 BT-PT 100 mole 당<br>각 첨가제 mole 수 |                               |                  |                                 |       |                   |          |                                |                               |
|-----|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------------|-------|-------------------|----------|--------------------------------|-------------------------------|
|     | 제1주성분                                                           | 제2주성분                     | 1 부성분                               |                               | 2 부성분            | 3 부성분                           |       | 4 부성분             |          | 5 부성분                          |                               |
|     | BaTiO <sub>3</sub><br>(1-x)                                     | PbTiO <sub>3</sub><br>(x) | MnO <sub>2</sub>                    | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | LiF   | BaCO <sub>3</sub> | Ba/Si 비율 | Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| 30  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.05                            | 0.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 31  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.20                            | 0.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 32  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.50                            | 0.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 33  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 1.00                            | 0.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 34  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 3.00                            | 0.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 35  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 6.00                            | 0.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 36  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 8.00                            | 0.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 37  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.10  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 38  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 0.40  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 39  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 1.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 40  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 2.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 41  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 6.00  | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 42  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 12.00 | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 43  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.50             | 0.00                            | 16.00 | 0.00              | 0.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 44  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.25              | 0.50     | 0.00                           | 0.00                          |
| 45  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.50              | 1.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 46  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.000                           | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 0.00                          |
| 47  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 1.00              | 2.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 48  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 2.00              | 4.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 49  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 3.00              | 6.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 50  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.750            | 0.00                            | 2.00  | 3.00              | 4.00     | 0.00                           | 0.00                          |
| 51  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.20                           | 0.00                          |
| 52  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.40                           | 0.00                          |
| 53  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.60                           | 0.00                          |
| 54  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.80                           | 0.00                          |
| 55  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 1.00                           | 0.00                          |
| 56  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 2.00                           | 0.00                          |
| 57  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 4.00                           | 0.00                          |
| 58  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 0.20                          |
| 59  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 0.40                          |
| 60  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 0.60                          |
| 61  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 0.80                          |
| 62  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 1.00                          |
| 63  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 2.00                          |
| 64  | 0.950                                                           | 0.0500                    | 0.500                               | 0.000                         | 0.500            | 0.00                            | 2.00  | 0.75              | 1.50     | 0.00                           | 4.00                          |

[0234]

[0236] 아래 표 4는 상기 표 3에 명시된 조성에 해당하는 프로토타입 적층 세라믹 커패시터(Proto-type MLCC) 칩의 특성을 나타낸다.

표 4

| 실험예 | Cu-MLCC Proto-type SPL 특성<br>(유전율/DF 측정 조건: AC 0.5V/um, 1kHz)<br>(상온비저항: DC 10V/um) |        |       |              |               |                |                             |                       |    |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------------|---------------|----------------|-----------------------------|-----------------------|----|
|     | 결정립 크기(um)                                                                          | 상온 유전율 | DF(%) | RC값 (Ohm-cm) | TCC(%) (85°C) | TCC(%) (125°C) | DC-bias 변화율(%) (@DC2.5V/um) | 고온(150°C) 내전압 (V/um)* | 판정 |
| 30  | 0.30                                                                                | 2567.0 | 3.10  | 842          | 2.4%          | -4.9%          | -25.5%                      | 45                    | X  |
| 31  | 0.30                                                                                | 4684.0 | 7.50  | 1846         | 2.5%          | -4.8%          | 30.0%                       | 65                    | O  |
| 32  | 0.30                                                                                | 5474.0 | 7.20  | 2784         | 2.6%          | -4.5%          | -32.5%                      | 85                    | O  |
| 33  | 0.30                                                                                | 5326.0 | 7.10  | 2653         | 2.8%          | -4.2%          | -30.8%                      | 85                    | O  |
| 34  | 0.30                                                                                | 5042.0 | 6.50  | 2456         | 2.5%          | -4.0%          | -30.4%                      | 75                    | O  |
| 35  | 0.30                                                                                | 4695.0 | 6.20  | 2371         | 2.6%          | -3.6%          | -29.5%                      | 55                    | O  |
| 36  | 0.30                                                                                | 3857.0 | 3.50  | 1854         | 2.9%          | -3.1%          | -27.2%                      | 40                    | X  |
| 37  | 0.30                                                                                | 2423.0 | 2.80  | 746          | 1.8%          | -5.4%          | -26.8%                      | 45                    | X  |
| 38  | 0.30                                                                                | 4752.0 | 7.20  | 1945         | 2.1%          | -5.4%          | -31.1%                      | 60                    | O  |
| 39  | 0.30                                                                                | 5562.0 | 7.10  | 2888         | 2.3%          | -5.2%          | -33.5%                      | 80                    | O  |
| 40  | 0.30                                                                                | 5426.0 | 7.00  | 2746         | 2.4%          | -5.0%          | -30.5%                      | 80                    | O  |
| 41  | 0.30                                                                                | 5033.0 | 6.20  | 2359         | 2.7%          | -4.8%          | -31.4%                      | 75                    | O  |
| 42  | 0.30                                                                                | 4550.0 | 6.10  | 2416         | 2.8%          | -4.3%          | -30.5%                      | 55                    | O  |
| 43  | 0.30                                                                                | 3784.0 | 3.30  | 1665         | 3.0%          | -3.5%          | -26.5%                      | 40                    | X  |
| 44  | 0.30                                                                                | 6847   | 0.00  | 2654         | 2.6%          | -4.3%          | -27.8%                      | 70                    | O  |
| 45  | 0.30                                                                                | 8259   | 11.20 | 2574         | 2.8%          | -3.2%          | -28.1%                      | 65                    | O  |
| 46  | 0.30                                                                                | 7985   | 0.00  | 2432         | 2.7%          | -0.8%          | -26.0%                      | 65                    | O  |
| 47  | 0.30                                                                                | 7043   | 0.00  | 2101         | 2.4%          | 0.6%           | -26.5%                      | 50                    | O  |
| 48  | 0.30                                                                                | 6436   | 7.65  | 2095         | 2.4%          | 0.5%           | -26.8%                      | 50                    | O  |
| 49  | 0.30                                                                                | 6563   | 0.00  | 2008         | 2.5%          | 0.4%           | -27.1%                      | 45                    | X  |
| 50  | 0.30                                                                                | 6672   | 7.62  | 2154         | 2.8%          | 1.4%           | -29.3%                      | 55                    | O  |
| 51  | 0.30                                                                                | 7731   | 8.50  | 2513         | 2.9%          | -1.2%          | -23.2%                      | 65                    | O  |
| 52  | 0.30                                                                                | 7431   | 7.40  | 2617         | 2.7%          | -1.3%          | -22.1%                      | 75                    | O  |
| 53  | 0.30                                                                                | 7100   | 7.21  | 2631         | 2.6%          | -1.7%          | -21.8%                      | 75                    | O  |
| 54  | 0.30                                                                                | 7053   | 7.03  | 2640         | 2.5%          | -2.0%          | 20.8%                       | 75                    | O  |
| 55  | 0.30                                                                                | 6431   | 7.01  | 2628         | 3.1%          | -2.1%          | -20.2%                      | 70                    | O  |
| 56  | 0.30                                                                                | 4213   | 8.13  | 2313         | 3.4%          | -3.4%          | -20.1%                      | 65                    | O  |
| 57  | 0.30                                                                                | 2814   | 10.01 | 2102         | 4.2%          | -5.1%          | -20.6%                      | 65                    | X  |
| 58  | 0.30                                                                                | 7431   | 7.60  | 2647         | 2.8%          | -1.5%          | -23.8%                      | 65                    | O  |
| 59  | 0.30                                                                                | 7134   | 7.15  | 2513         | 2.8%          | -1.4%          | -23.5%                      | 75                    | O  |
| 60  | 0.30                                                                                | 6996   | 8.13  | 2443         | 3.1%          | -1.7%          | -22.9%                      | 75                    | O  |
| 61  | 0.30                                                                                | 6896   | 8.57  | 2323         | 3.3%          | -2.1%          | -22.2%                      | 75                    | O  |
| 62  | 0.30                                                                                | 6313   | 9.13  | 2109         | 3.4%          | -2.2%          | -21.8%                      | 70                    | O  |
| 63  | 0.30                                                                                | 4154   | 9.63  | 1987         | 3.5%          | -2.7%          | -21.1%                      | 70                    | O  |
| 64  | 0.30                                                                                | 2779   | 11.31 | 1775         | 4.1%          | -3.2%          | -20.0%                      | 65                    | X  |

[0238]

[0240]

표 3의 실험예 30~36은 제1 주성분 함량 (1-x)가 0.95이고, 제2 주성분 x가 0.05이며, 주성분 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>+xPbTiO<sub>3</sub> 100 mol 대비 제1 부성분 MnO<sub>2</sub>의 함량이 0.5 mol, 제2 부성분 SiO<sub>2</sub>의 함량이 0.5 mol 일 때, 제3 부성분 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 함량 변화에 따른 실험예를 나타내고, 표 4의 실험예 30~36은 Cu 내부전극을 적용하고 N<sub>2</sub> 분위기에서 950°C에서 소성한 Proto-type 적층 세라믹 커패시터 샘플의 특성을 나타낸다.

[0242]

Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>의 함량이 0.05 mol 과 같이 소량인 경우(실험예 30), 950°C 소성시 소결성이 저하되어 유전율이 3000 미만으로 낮고, 고온 내전압이 50V/um 미만으로 낮아지는 문제가 있다.

- [0243] 반면에,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 의 함량이 8 mol로 지나치게 과량인 경우에는 이차상 생성 등으로 인해 역시 고온 내전압이 50V/ $\mu\text{m}$  미만으로 낮은 문제가 발생한다
- [0244]  $\text{Li}_2\text{CO}_3$  함량이 0.2 (실험예 31) ~ 6 mol (실험예 35)의 범위에 해당 되면, Cu 내부전극을 적용하면서 본 발명의 목표 특성 구현이 가능함을 확인할 수 있다
- [0246] 표 3의 실험예 37~43은 제3 부성분 LiF 함량 변화에 따른 실험예를 나타내고, 표 4의 실험예 37~43은 Cu 내부전극을 적용하고  $\text{N}_2$  분위기에서 950℃에서 소성한 Proto-type 칩의 특성을 나타낸다.
- [0248] Li의 함량이 at % 기준으로 동일하면  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ 를 적용한 경우와 LiF를 적용한 경우의 특성이 거의 동일하게 구현되는 것을 확인할 수 있다(실험예 30과 37, 32와 39, 34와 41, 35와 42, 36과 43이 각각 이 경우에 해당됨).
- [0249] 따라서, Ni 내부전극뿐만 아니라 Cu 내부전극을 적용하면서 본 발명의 목표특성을 구현할 수 있는 제3 부성분의 적정 함량은 Li 원소비로 0.4 ~ 12 mol% 라고 할 수 있다.
- [0251] 표 3의 실험예 44~50은 제1 주성분 함량 (1-x)가 0.95이고, 제2 주성분 x가 0.05이며, 주성분 (1-x) $\text{BaTiO}_3$ +x $\text{PbTiO}_3$  100 mol 대비 제1 부성분  $\text{MnO}_2$ 의 함량이 0.5 mol, 제2 부성분  $\text{SiO}_2$ 의 함량이 0.5 mol 일 때, 제3 부성분 LiF의 함량이 2.0 mol 일 때, 제4 부성분 Ba의 함량 변화에 따른 실험예를 나타내고, 표 4의 실험예 44~50은 Cu 내부전극을 적용하고  $\text{N}_2$  분위기에서 950℃에서 소성한 Proto-type 적층 세라믹 커패시터 샘플의 특성을 나타낸다.
- [0253] Ba의 함량이 증가함에 따라 칩의 유전율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그런데 제4 부성분  $\text{BaCO}_3$ 의 함량이 3.0 mol로 과량인 경우에는 (실험예 49) 고온 내전압이 낮은 문제가 있다.
- [0254] 그러나, 제2 부성분 Si의 함량을 증가시켜 Ba/Si의 몰비를 4.0으로 조정하는 경우 (실험예 50) 고온 내전압 특성이 개선되어 본 발명의 목표 구현이 가능함을 알 수 있다.
- [0256] 따라서, 제4 부성분 원소 Ba의 적정 함량 범위는 원소비로 0.0 내지 3.0 at%이고, Ba/Si 몰비는 4.0 이하임을 알 수 있다.
- [0258] 표 3의 실험예 51~57은 제1 주성분 함량 (1-x)가 0.95이고, 제2 주성분 x가 0.05이며, 주성분 (1-x) $\text{BaTiO}_3$ +x $\text{PbTiO}_3$  100 mol 대비 제1 부성분  $\text{MnO}_2$ 의 함량이 0.5 mol, 제2 부성분  $\text{SiO}_2$ 의 함량이 0.5 mol 일 때, 제3 부성분 LiF의 함량이 2.0 mol, 제4 부성분  $\text{BaCO}_3$ 의 함량이 0.75 mol 일 때, 제5 부성분 Dy의 함량 변화에 따른 실험예를 나타내고, 표 4의 실험예 51~57은 Cu 내부전극을 적용하고  $\text{N}_2$  분위기에서 950℃에서 소성한 Proto-type 적층 세라믹 커패시터 샘플의 특성을 나타낸다.
- [0260] 제5 부성분  $\text{Dy}_2\text{O}_3$ 의 함량이 증가함에 따라 DC-bias 특성이 개선되고 고온 내전압이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 희토류 원소 Dy의 첨가가 적층 세라믹 커패시터의 신뢰성 개선에 효과가 있음을 알 수 있다.
- [0261] 그러나, 제5 부성분  $\text{Dy}_2\text{O}_3$ 의 함량이 4.0 mol로 과량인 경우에는 (실험예 57) 상온 유전율이 감소하여 3000 이하의 값을 가지므로, 목표 특성 구현이 안되는 문제가 있다.

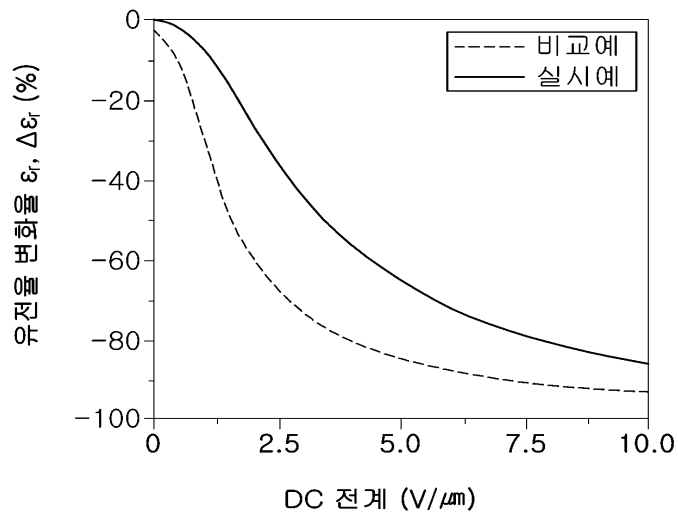
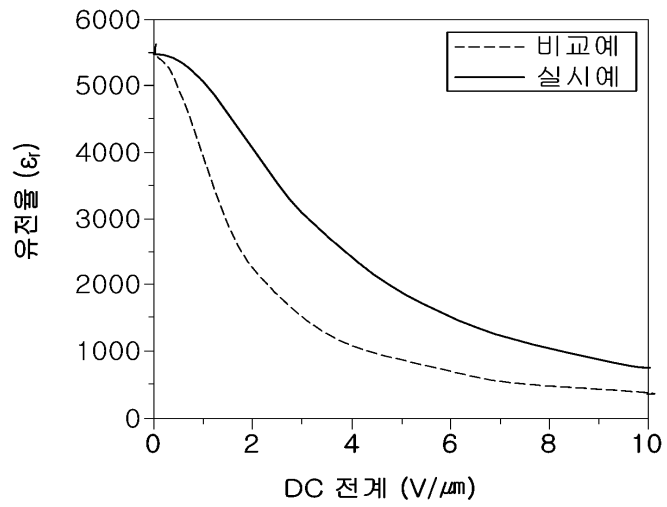
- [0263] 따라서, 제5 부성분 원소 Dy의 적정 함량 범위는 원소비로 0.0 내지 4.0 at%임을 알 수 있다.
- [0265] 표 3의 실험예 58~64는 제1 주성분 함량 (1-x)가 0.95이고, 제2 주성분 x가 0.05이며, 주성분 (1-x)BaTiO<sub>3</sub>+xPbTiO<sub>3</sub> 100 mol 대비 제1 부성분 MnO<sub>2</sub>의 함량이 0.5 mol, 제2 부성분 SiO<sub>2</sub>의 함량이 0.5 mol 일 때, 제3 부성분 LiF의 함량이 2.0 mol, 제4 부성분 BaCO<sub>3</sub>의 함량이 0.75 mol 일 때, 제5 부성분의 또 다른 원소인 Y의 함량 변화에 따른 실험예를 나타내고, 표 4의 실험예 58~64는 N<sub>2</sub> 분위기에서 950℃에서 소성한 Proto-type 적층 세라믹 커패시터 샘플의 특성을 나타낸다.
- [0267] 제5 부성분 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 증가함에 따라 Dy와 유사하게 DC-bias 특성이 개선되고 고온 내전압이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 희토류 원소 Dy의 첨가가 전자부품의 신뢰성 개선에 효과가 있음을 알 수 있다.
- [0268] 그러나, 제5 부성분 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 함량이 4.0 mol로 과량인 경우에는 (실험예 64) 상온 유전율이 감소하여 3000 이하의 값을 가지므로, 목표 특성 구현이 안되는 문제가 있다.
- [0270] 따라서, 제5 부성분 원소 Y의 적정 함량 범위는 원소비로 0.0 내지 4.0 at%임을 알 수 있다.
- [0272] 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며, 첨부된 청구범위에 의해 한정된다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이며, 이 또한 첨부된 청구범위에 기재된 기술적 사상에 속한다 할 것이다.

### 부호의 설명

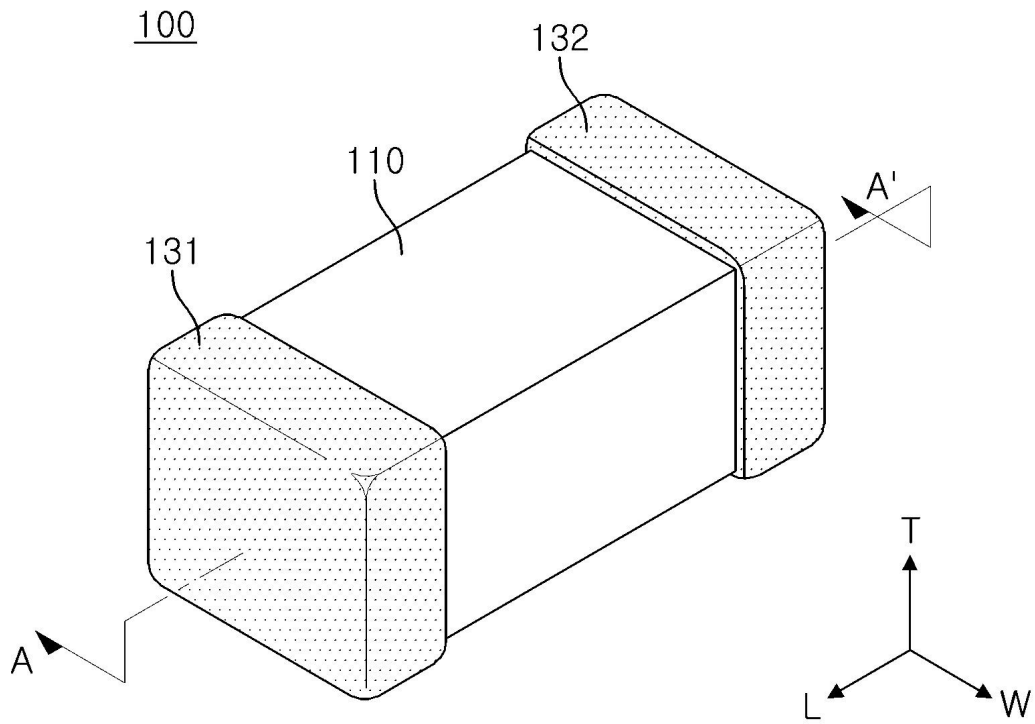
- [0274] 100: 적층 세라믹 커패시터                      110: 세라믹 본체  
111: 유전체층                                              121, 122: 제1 및 제2 내부전극  
131, 132: 제1 및 제2 외부전극

도면

도면1



도면2



도면3

