



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월20일
(11) 등록번호 10-1901067
(24) 등록일자 2018년09월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01G 29/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01G 29/00 (2013.01)
C01P 2002/34 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0086064
(22) 출원일자 2017년07월06일
심사청구일자 2017년07월06일
(56) 선행기술조사문헌
POWDER TECHNOLOGY 217 (2012) 11-15*
CRYST. GROWTH DES. 2017 17 3210-3220
KR101074311 B1
KR1020110010182 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
남산
서울특별시 강남구 도곡로 413 삼환SOGOOD 801호
이태곤
서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교안암캠퍼스(인문사회계) 자연계캠퍼스 635호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이동건

전체 청구항 수 : 총 5 항

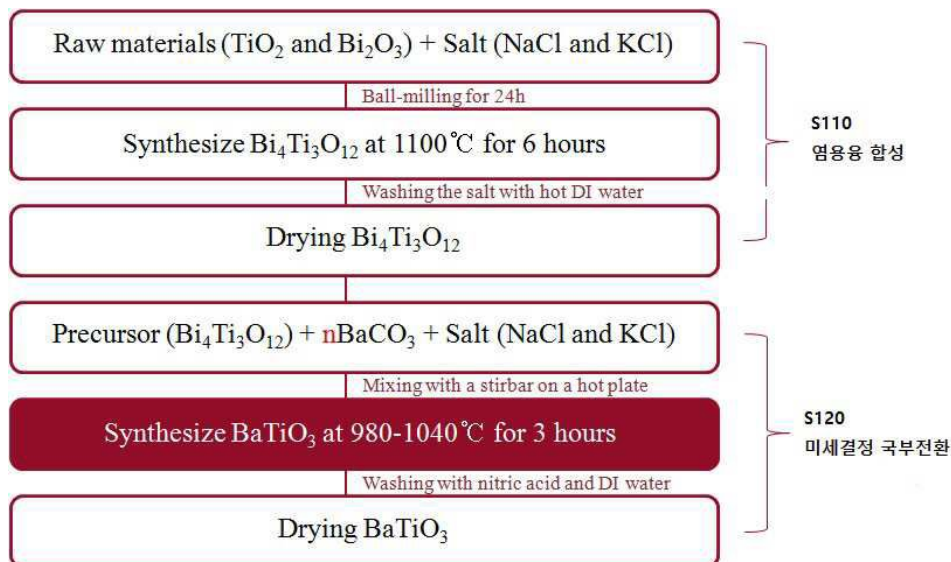
심사관 : 강민구

(54) 발명의 명칭 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법

(57) 요약

판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법에 따르면, 티타늄 산화물 및 비스무트 산화물을 출발 물질로 하는 염용 융 합성 공정을 통하여 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체를 합성한다. 이후, 상기 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 및 $n \cdot \text{BaCO}_3$ (여기서, n 은 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 과 BaCO_3 물질 간의 몰 비율임)를 이용하여 미세결정 국부전환(TMC) 공정을 통하여 판상 BaTiO_3 를 형성한다. 이로써, 판상 BaTiO_3 압전 세라믹이 용이하게 제조될 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
C01P 2004/20 (2013.01)

(72) 발명자

최성은

서울특별시 강서구 공항대로75길 30 삼성그린코아
102동 1002호

이호준

서울특별시 강서구 마곡서1로 146 마곡엠밸리2단지
203동 510호

명세서

청구범위

청구항 1

티타늄 산화물 및 비스무트 산화물을 출발 물질로 하는 염용융 합성 공정을 통하여 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체를 합성하는 단계; 및

상기 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 및 $n \cdot \text{BaCO}_3$ (여기서, n 은 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 과 BaCO_3 물질 간의 몰 비율임)를 이용하여 미세결정 국부전환(TMC) 공정을 통하여 판상 BaTiO_3 를 형성하는 단계를 포함하고,

상기 n 은 6 내지 8의 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 염용융 합성 공정은 NaCl 염 또는 KCl 염을 이용하는 것을 특징으로 하는 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 염용융 합성 공정은 상기 출발 물질과 동일한 질량비를 갖는 상기 NaCl 염 또는 KCl 염을 이용하는 것을 특징으로 하는 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 미세결정 국부전환 공정은 980 내지 1,040 °C의 온도 범위에서 수행되는 열처리 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 열처리 공정은 2 내지 3 시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 템플릿 그레인 성장(template grain growth; TGG) 공정의 시드 물질 또는 압전 나노 제너레이터(piezoelectric nano generator)의 합성에서 폴리머와 함께 혼합되어 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 판상 페로브스카이트 구조물은 템플릿 그레인 성장 공정에서 시드 물질로서 이용될 수 있다. 여기서 판상 페로브스카이트 구조물의 예로는 BaTiO_3 , SrTiO_3 또는 KNbO_3 로 이루어진 물질을 들 수 있다.

[0003] 상기 판상 페로브스카이트 구조물을 시드 물질로서 이용하여 템플릿 그레인 성장(template grain growth; TGG) 공정을 통하여 형성된 텍스처링된 세라믹은 단결정 물질과 유사하게 높은 압전 특성 및 유전 특성을 가진다.

[0004] 한편, 페로브스카이트 구조물은 폴리머와 혼합되어 압전 나노 제너레이터의 합성에 이용될 수 있다. 이는, 상기 판상 페로브스카이트 구조물이 폴리머 내에서 효과적으로 정렬되어 우수한 출력 전기 에너지를 발생할 수 있다.

- [0005] 하지만, 상기 판상 페로브스카이트 구조물은 매우 큰 대칭성(symmetry)을 가짐에 따라 플렉스 공정 및 수열 합성 공정과 같은 기존 세라믹 합성 공정으로는 높은 종횡비(aspect ratio)를 갖는 판상 페로브스카이트 구조물을 제조하는 데 어려움이 있다.
- [0006] 이로 인해, 상대적으로 판상형태를 갖기 쉽고 배향된 페로브스카이트 구조를 내부에 지닌 초격자(super lattice)를 이용하여 판상 형태로 세라믹 입자를 합성한 후, 치환 공정의 일종인 미세결정 국부화학 전환(topochemical microcrystal conversion;TMC) 공정을 통하여 모상의 판상 형태와 배향성을 갖는 페로브스카이트 압전 세라믹을 제조한다.
- [0007] 상기 제조 공정은 원활한 치환 및 합성을 요구하기 때문에 물을 기반으로 한 수열합성법(hydro-synthesis)이나 염을 녹인 액상에서 합성하는 염용융합성법(molten salt synthesis)과 함께 진행된다.
- [0008] 또한 가장 성공적인 배향 판상 압전 세라믹 물질은 BaTiO_3 세라믹이며, 제1 단계로 모판상 합성(1), 제2 단계로서 전구체 합성(2) 및 제3 단계로서 BaTiO_3 치환(3)을 포함하는 세 단계 공정의 제조 방법이 알려지고 있다. 그러나, 복잡한 공정 단계와 제2 단계의 전구체 합성(2)을 위해 요구되는 고가의 BaCl_2 염으로 인해 산업화에 적용이 어렵다는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 일 목적은 단순화된 공정들을 통하여 판상 BaTiO_3 를 획득할 수 있는 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위한 것으로, 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법에 따르면, 티타늄 산화물 및 비스무트 산화물을 출발 물질로 하는 염용융 합성 공정을 통하여 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체를 합성한다. 이후, 상기 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 및 $n \cdot \text{BaCO}_3$ (여기서, n 은 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 과 BaCO_3 물질 간의 몰 비율임)를 이용하여 미세결정 국부전환(TMC) 공정을 통하여 판상 BaTiO_3 를 형성한다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 n 은 6 내지 8의 범위를 가질 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 염용융 합성 공정은 NaCl 염 또는 KCl 염을 이용할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 미세결정 국부전환 공정은 980 내지 1,040 °C의 온도 범위에서 수행되는 열처리 공정을 포함할 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 열처리 공정은 2 내지 3 시간 동안 수행될 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명의 실시예들에 따르면, 염용융 합성 공정을 통하여 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체를 합성 후 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체에 대한 미세결정 국부전환(topochemical microcrystal conversion;TMC) 공정을 통한 판상 BaTiO_3 제작할 수 있다. 따라서 종래의 세 단계 공정을 두 단계 공정으로 축소함으로써 공정 단순화를 통한 판상 압전 세라믹이 제조될 수 있다. 이는, 기존 세 단계의 판상 BaTiO_3 제조 공정의 복잡성과 기존 공정에서 요구되는 고가의 BaCl_2 염의 사용에 따른 제조 비용을 해결한 획기적인 합성 방법이다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 2는 도 1의 단계 S110에 따라 형성된 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체에 대한 주사 전자 현미경 사진이다.
- 도 3은 도 1의 단계 S110에 따라 형성된 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체에 대한 XRD 패턴을 나타낸 그래프이다.

도 4a 내지 도 4d는 실시예1 내지 실시예4에 따라 제조된 판상 BaTiO_3 압전 세라믹의 주사 전자 현미경 사진들

이다.

도 5a 내지 도 5d는 실시예1 내지 실시예4에 따라 제조된 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹에 대한 XRD 그래프이다.

도 6a 내지 도 6c는 비교예1 내지 비교예3에 따라 제조된 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹의 주사 전자 현미경 사진들이다.

도 7은 비교예4에 따라 제조된 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹의 주사 전자 현미경 사진이다.

도 8a 내지 도 8d는 비교예1 내지 비교예4에 따라 제조된 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹에 대한 XRD 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.
- [0018] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0019] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0020] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0021] 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법
- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0023] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법에 있어서, 판상 물질 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체 합성을 위하여 적정 물 분율에 따른 Bi₂O₃와 TiO₂ 원료 분말을 이용하는 염용융 합성 공정을 수행한다(S110). 이때 상기 염용융 합성 공정에서 사용되는 염은 NaCl 및 KCl 염들을 포함할 수 있다. 상기 단계 S110의 염용융 합성 공정에 있어서, 혼합되는 염의 비율은 $x\text{NaCl}-(1-x)\text{KCl}$ (여기서, $0 \leq x \leq 1$)로 나타낼 수 있다.
- [0024] 상기 염은 Bi₂O₃와 TiO₂ 원료 분말의 전체 질량에 대하여 1: 1 질량비를 가질 수 있다. 이로써, 후속하는 염용융 합성 공정이 효과적으로 수행되어 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체의 수득율이 개선될 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 염들은 에탄올을 용매로 이들을 한 혼합/분쇄를 진행한 후 건조시킨다.
- [0026] 이 후 상기 원료 분말 및 염들을 혼합하여 혼합물을 형성한다. 상기 혼합물은 볼 밀링 공정을 통하여 형성될 수 있다. 이후, 상기 혼합물에 대한 제1 열처리 공정을 통하여 염용융 합성 공정을 수행한 후, 결과물은 세척 후 건조를 통하여 판상 물질 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체를 얻을 수 있다. 상기 제1 열처리 공정은 1,080 내지 1,130 °C의 온도 범위에서 1 내지 6시간 동안 진행될 수 있다.
- [0027] 이어서, 상기 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체 및 $n \cdot \text{BaCO}_3$ (여기서, n 은 Bi₄Ti₃O₁₂ 과 BaCO₃물질 간의 몰 비율임)를 이용하여 미세결정 국부전환(TMC) 공정을 통하여 판상 BaTiO₃를 형성한다(S120).

- [0028] 상기 n은 6 내지 8의 범위를 가질 수 있다. 상기 n값이 6 미만일 경우, 판상 BaTiO_3 의 크기가 매우 작으며, 그 형태가 불안정하거나 2차상이 발생하는 문제가 발생할 수 있다. 이와 다르게, 상기 n값이 8 초과일 경우, 과량의 Ba 원소로 인하여 2차상이 발생하는 문제가 발생할 수 있다.
- [0029] 보다 상세하게, 단계 S110에서 수득한 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 및 $n \cdot \text{BaCO}_3$ ($6 \leq n \leq 8$ 의 정수임)분말을 준비한다.
- [0030] 상기 미세결정 국부전환(TMC) 공정에서 사용되는 염은 NaCl 및 KCl 염들을 들 수 있다. 상기 S120의 미세결정 국부전환(TMC) 공정에 있어서, 혼합되는 염의 비율은 $x\text{NaCl}-(1-x)\text{KCl}$ (여기서, $0 \leq x \leq 1$)로 나타낼 수 있다.
- [0031] 상기 염은 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체의 전체 질량에 대하여 1: 1 질량비를 가질 수 있다. 또한, 상기 염들은 에탄올을 용매로 이들을 한 혼합/분쇄를 진행한 후 건조시킨다.
- [0032] 상기 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 및 염을 혼합하여 혼합물을 형성한다. 상기 혼합물은 마그네틱 바를 이용하여 형성될 수 있다. 이후, 상기 혼합물에 대하여 제2 열처리 공정을 통하여 합성을 진행하며, 세척 후 건조를 통해 판상 BaTiO_3 세라믹 물질을 얻을 수 있다.
- [0033] 상기 미세결정 국부전환(TMC) 공정을 위한 제2 열처리는 950내지 990 °C의 온도 범위에서 2-4시간 동안 진행될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예들에 따르면, 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 합성 후 미세결정 국부화학 전환(topochemical microcrystal conversion; TMC) 공정을 통한 판상 BaTiO_3 제작하는 총 이단계 공정을 통하여 배향 판상 페로브스카이트 구조물이 제조될 수 있다.
- [0035] 실시예
- [0036] 합성예 1 : 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 합성
- [0037] 비스무트산화물(Bi_2O_3)과 이산화 타이타늄(TiO_2)을 원료 물질로서 2:3 질량 비율로 총 20g을 준비한 후, NaCl과 KCl 염들을 1:1 몰 비율로 계량하여 해당 원료 물질들의 총 질량과 동일한 20g을 준비하였다. 이 후, 원료 물질과 염들을 지르코니아(ZrO_2)볼이 담긴 폴리프로필렌 재질의 통에 투입하여 에탄올 50ml과 함께 24시간 동안 혼합을 실시하였다.
- [0038] 혼합이 완료된 물질은 건조과정을 거쳐 용기에 담아 1,100°C 6시간 동안 열처리를 진행하였다. 이 후, 열처리가 진행된 물질을 물로 세척하고 건조를 통해 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체를 도 2와 같이 확보하였다. 또한 온전한 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 임을 도 3의 XRD 패턴을 통해서 확인하였다.
- [0039]
- [0040] 실시예 1 : 판상 BaTiO_3 압전 세라믹 제조 ($n=7$ / 980°C / 3시간)
- [0041] 상기 합성예 1에서 확보한 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체와 해당 전구체 몰수의 7배에 해당하는 바륨탄산물(BaCO_3)을 준비하였고, NaCl과 KCl 염들을 1:1 몰 비율로 계량하여 해당 판상 $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ 전구체 및 바륨산화물들의 총 질량과 동일한 질량으로 준비하였다. 이후, 상기 염 및 산화물들과 함께 마그네틱 교반기를 통하여 혼합하면서, 동시에 건조를 진행하였다. 이 후, 건조된 파우더를 용기에 담아 980°C 온도에 3시간 동안 열처리를 진행하였다.
- [0042] 실시예 2 : 판상 BaTiO_3 압전 세라믹 제조 ($n=7$ / 1,000 °C / 3시간)
- [0043] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 열처리 온도를 1,000 °C로 3시간 동안 열처리를 진행하였다.
- [0044] 실시예 3 : 판상 BaTiO_3 압전 세라믹 제조 ($n=7$ / 1,020 °C / 3시간)
- [0045] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 열처리 온도를 1,020 °C로 3시간 동안 열처리를 진행하였다.

- [0046] 실시예 4 : 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹 제조 (n=7 / 1,040^oC / 3시간)
- [0047] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, 열처리 온도를 1,040^oC로 3시간 동안 열처리를 진행하였다.
- [0048] 비교예 1 : 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹 제조 (n=5 / 980^oC / 3시간)
- [0049] 상기 실시예 1과 동일하게 실시하되, BaCO₃의 몰수를 판상 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체 몰수에 5배로 투입하여 진행하였다.
- [0050]
- [0051] 비교예 2 : 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹 제조 (n=5 / 1,000^oC / 3시간)
- [0052] 상기 실시예 2과 동일하게 실시하되, BaCO₃의 몰수를 판상 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체 몰수에 5배로 투입하여 진행하였다.
- [0053] 비교예 3 : 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹 제조 (n=5 / 1,020^oC / 3시간)
- [0054] 상기 실시예 3과 동일하게 실시하되, BaCO₃의 몰수를 판상 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체 몰수에 5배로 투입하여 진행하였다.
- [0055] 비교예 4 : 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹 제조 (n=10 / 980^oC / 3시간)
- [0056] 상기 실시예 3과 동일하게 실시하되, BaCO₃의 몰수를 판상 Bi₄Ti₃O₁₂ 전구체 몰수에 10배로 투입하여 진행하였다. 해당 물질의 형태는 도 7로 나타내었으며, 다수의 판상과 육면체의 큐빅 형태의 입자가 혼재하고 있음을 확인하였다. 또한 XRD 패턴인 도 8d를 통해 2차상이 다수 잔류하고 있음을 확인하였고, 이를 통해 과량의 BaCO₃로 인한 영향임을 확인하였다.
- [0057] 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹 제조 평가
- [0058] 위의 실시예 1, 2, 3, 4의 결과물인 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹을 도 4a, 4b, 4c, 4d에 주사 현미경 사진으로 나타내었다. 해당 결과물들은 종종 육면체 입자들이 관측되나 대부분 종횡비 1:5 이상의 판상 형태로 판상 배향 성장(template grain growth; TGG) 공정에 시드(Seed)물질로 사용되기 적절한 형태임을 확인하였다. 또한 각 실시예 1, 2, 3, 4의 XRD 패턴을 나타낸 도 5는 실시예 1, 2, 3, 4의 결과물이 2차상이 없는 온전한 BaTiO₃임을 의미한다.
- [0059] 그러나, 도 6a에 나타낸 비교예 1에서 제작된 BaTiO₃ 압전 세라믹은 판상 형태로 규정하기 힘든 입자들로 존재하고 있으며 이의 XRD 패턴인 도 8a를 통해 2차상이 잔류하고 있음을 의미한다.
- [0060] 비교예 2에서 제작된 BaTiO₃ 압전 세라믹은 도 8b의 XRD 패턴을 통하여 2차상은 관측되지 않으나, 도 6b의 주사 전자 현미경 사진을 통해 판상으로 규정하기 어려운 입자 상태임을 보인다.
- [0061] 비교예 3에서 제작된 BaTiO₃ 압전 세라믹은 도 8c의 XRD 패턴에서 단일 BaTiO₃상이 확인되나, 도 6c의 주사 전자 현미경 사진에서 보이는 표면에 기공이 많은 불완전한 상태로 판상 배향 성장 (template grain growth; TGG) 공정에 사용되기 부적합한 상태이다.
- [0062] 비교예 1, 2, 3을 통하여 전구체 몰의 5배에 해당하는 BaCO₃로 진행될 경우, 판상 BaTiO₃ 제작이 불가능함을 알 수 있다. 이는 부족한 BaCO₃양으로 인해 단계 S120의 미세결정 국부전환(topochemical microcrystal conversion; TMC)이 낮은 치환에너지로 불완전하게 발생하였음을 의미한다.
- [0063]
- [0064] 도 7은 비교예 4에서 제작된 판상 BaTiO₃ 압전 세라믹의 형태로 다수 판상을 지닌 입자들이 존재하나 국부적으로 이형적인 입자들이 관측되며, 도 8d를 통해서 2차상이 존재함을 통해, 과량의 BaCO₃로 인하여 비판상 형태의 2차상이 발생하였음을 확인할 수 있다.
- [0065] 본 발명의 실시예와 비교예를 통해, 판상 형태와 온전한 단일 BaTiO₃상은 n $\times$ BaCO₃에서 n=7일 경우 제작이 가능

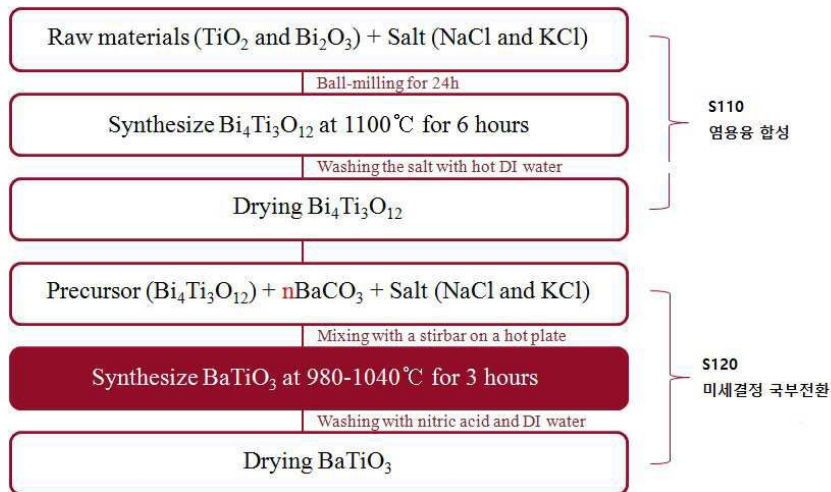
하며, $n=5$ 일 경우 BaCO_3 부족으로 인한 불완전한 상들을, $n=10$ 일 경우 과량의 BaCO_3 로 인한 이차상들로 판상 형태의 단일 BaTiO_3 제작이 부적합함을 확인하였다.

산업상 이용가능성

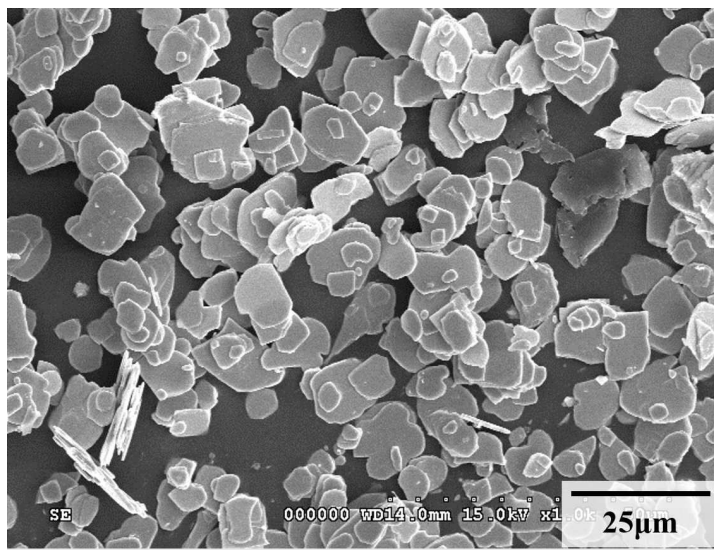
- [0066] 본 발명에 따른 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법을 이용하여, 미세 진동에너지를 전기에너지로 변환하는 나노 제너레이터 또는 헤팅 소자등에 적용될 수 있다. 나아가, 판상 페로브스카이트 구조물의 제조 방법으로 제조된 판상 페로브스카이트 구조물을 시드물질로 이용하여 압전 소자의 제조에 응용될 수 있다.
- [0067] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

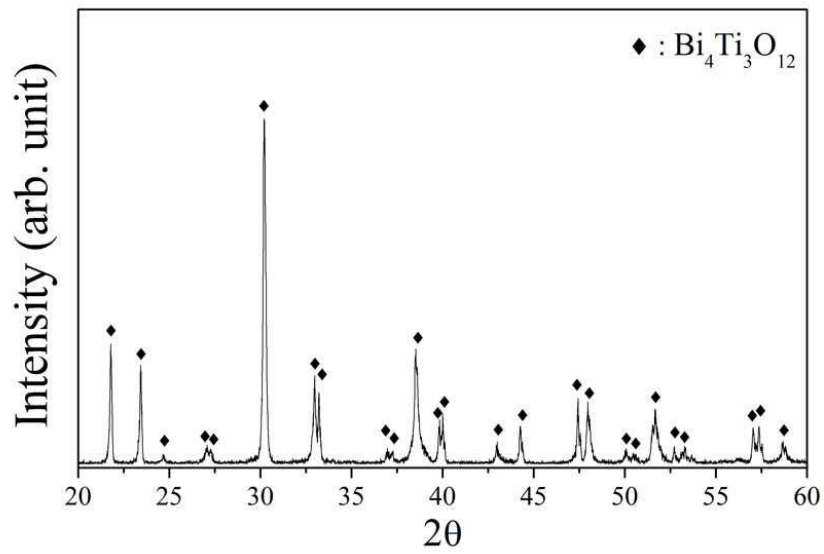
도면1



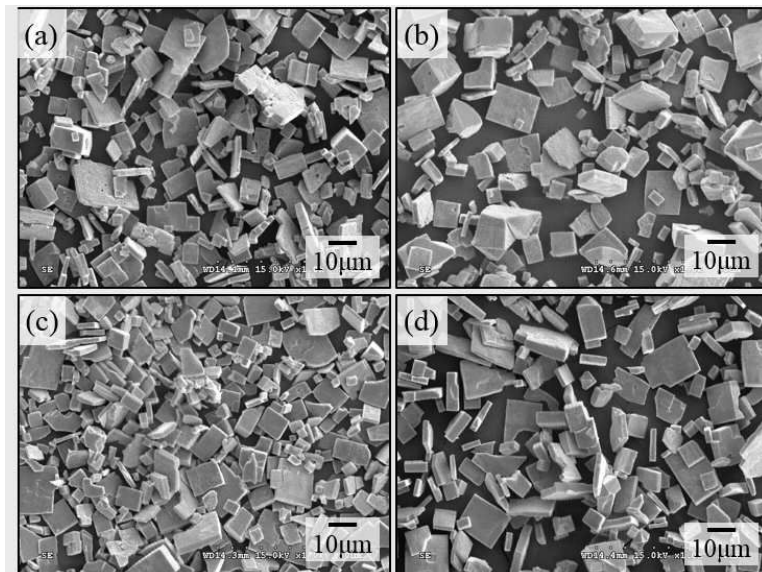
도면2



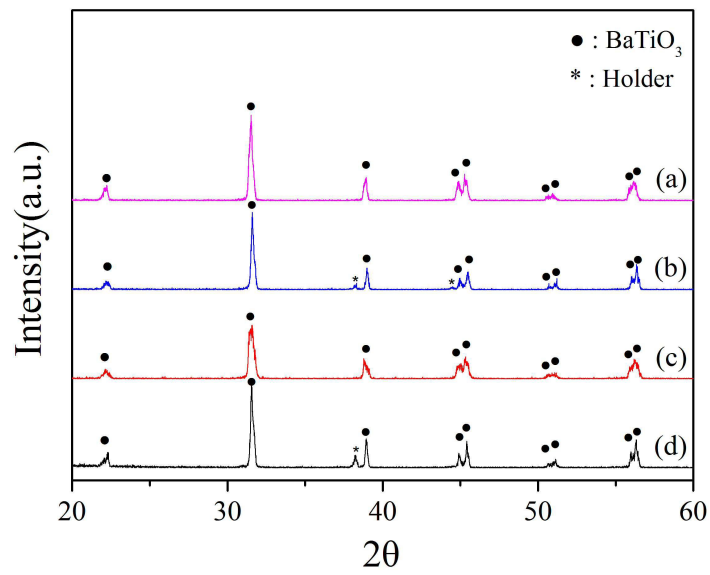
도면3



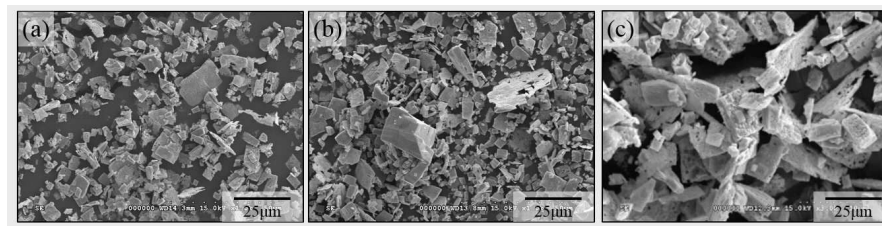
도면4



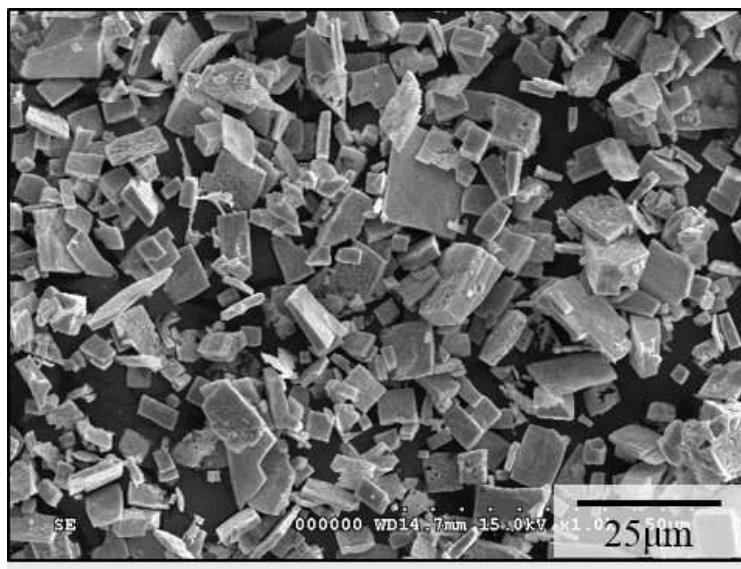
도면5



도면6



도면7



도면8

