



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0078344
(43) 공개일자 2025년06월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01G 35/02 (2006.01) B01J 27/08 (2006.01)
B01J 35/33 (2024.01) B01J 35/39 (2024.01)
H01B 1/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01G 35/02 (2013.01)
B01J 27/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-0167181
(22) 출원일자 2024년11월21일
심사청구일자 2024년11월21일
(30) 우선권주장
1020230165992 2023년11월24일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경상국립대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
방준호
경상남도 진주시 예나로 146, 1105호
이희준
부산광역시 북구 화명신도시로 145, 105동 602호
김요셉
부산광역시 북구 금곡대로200번길 63 보경그린아파트 1303호
(74) 대리인
한상수

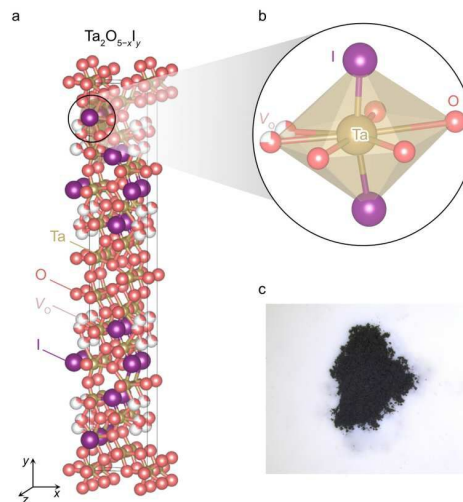
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 고전도성 및 흡광성을 갖는 탄탈럼 옥시아이오다이드 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는 탄탈럼 옥시아이오다이드를 제공한다. 본 발명의 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 전기전도도 및 광흡수도가 높은 탄탈럼계 소재를 제공하며, 이를 광전자소자, 광촉매 등 다양한 분야에 활용할 수 있는 특징이 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B01J 35/33 (2024.01)

B01J 35/39 (2024.01)

H01B 1/06 (2013.01)

C01P 2006/40 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2710017043
과제번호	2022R1C1C2005931
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	차세대 에너지 저장 및 변환 기술을 위한 수소 음이온 기반 친환경 세라믹 소재 개발
과제수행기관명	경상국립대학교
연구기간	2024.03.01 ~ 2025.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드:

<화학식 1>



(상기 화학식 1에서, $0 < x < 5$ 이고, $0 < y < 5$ 이다.)

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 탄탈럼 옥시아이오다이드는 펠렛 또는 분말 형태인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 화학식 1에서, $0 < x < 3$ 이고, $0 < y < 2$ 인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드.

청구항 4

제1항에 있어서,

비저항이 $1 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 이하의 값을 갖는 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드.

청구항 5

탄탈럼 산화물 및 탄탈럼 아이오다이드 분말을 혼합하여 혼합 분말을 제조하는 단계; 및

상기 혼합 분말을 열처리하는 열처리 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 열처리 단계는, 상기 혼합 분말을 펠렛 형태로 봉합한 후, 열처리하는 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5) 및 탄탈럼 아이오다이드(TaI_5) 분말의 혼합 몰비는,

$10 \sim 0.2:1$ ($\text{Ta}_2\text{O}_5:\text{TaI}_5$)인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 열처리의 온도는 600°C 이상 1600°C 이하인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조 방법.

청구항 9

제 5항에 있어서,

상기 열처리의 시간은 24시간 이상 240시간 이하인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법.

청구항 10

제5항 내지 제9항 중 어느 하나의 제조방법에 의해 제조된 탄탈럼 옥시아이오다이드.

청구항 11

제1항의 탄탈럼 옥시아이오다이드를 포함하는 광전자소자.

청구항 12

제1항의 탄탈럼 옥시아이오다이드를 포함하는 촉매.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 와이드갭(widegap) 산화물 반도체인 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5)과 동일한 결정구조를 갖는 탄탈럼 옥시아이오다이드 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5)은 우수한 유전 특성과 높은 화학적 안정성 및 내열성을 지니고 있어 커패시터(capacitor) 및 광학렌즈 등에 널리 사용되어왔을 뿐만 아니라, 높은 광 투과도와 우수한 자외선 내성을 보여주어 광학 코팅 및 자외선 차단 필터 등으로 활용되어왔다.

[0003] 그러나 탄탈럼 산화물은 전기전도도 및 광흡수도가 매우 낮아 광전자소자 및 광촉매에 적용하는 데에는 어려움이 존재한다. 이러한 한계를 극복하고 다양한 광전자소자 및 광촉매에 응용하기 위해서는 탄탈럼 산화물의 전기전도도 및 광흡수도를 향상할 수 있는 소재 기술이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 미국 등록특허 US 6786951

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하는 방법으로 기존의 전기전도도 및 광흡수도가 매우 낮은 탄탈럼 산화물에서, 결정구조는 그대로 유지한 채 산소 자리에 아이오딘을 부분 치환함으로써 전기전도도 및 광흡수도를 극적으로 향상시켜 다양한 분야에 활용할 수 있는 탄탈럼 옥시아이오다이드를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예는 탄탈럼 옥시아이오다이드를 제공한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 하기 화학식으로 표시되는 것을 특징으로 한다.

[0009] <화학식 1>

[0010] $Ta_2O_{5-x}I_y$

- [0011] (상기 화학식 1에서, $0 < x < 5$ 이고, $0 < y < 5$ 이다.)
- [0012] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 탄탈럼 옥시아이오다이드는 펠렛(pellet) 또는 분말 형태인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드일 수 있다.
- [0013] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 화학식 1에서, $0 < x < 3$ 이고, $0 < y < 2$ 인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 실시예에 있어서, 비저항이 $1 \text{ M}\Omega \text{ cm}$ 이하의 값을 갖는 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드일 수 있다.
- [0015] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 일 실시예는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법을 제공한다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법은, 탄탈럼 산화물 및 탄탈럼 아이오다이드 분말을 혼합하여 혼합 분말을 제조하는 단계; 및 상기 혼합 분말을 열처리하는 열처리 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 열처리 단계는, 상기 혼합 분말을 펠렛 형태로 봉합한 후, 열처리하는 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5) 및 탄탈럼 아이오다이드(TaI_5) 분말의 혼합 몰비(molar mass)는, $10 \sim 0.2:1$ ($\text{Ta}_2\text{O}_5:\text{TaI}_5$)인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조 방법일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 열처리의 온도는 $600 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상 $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ 이하인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조 방법일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 열처리의 시간은 24시간 이상 240시간 이하인 것을 특징으로 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법일 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 실시예에 따르면, 전기전도도 및 광흡수도가 높은 탄탈럼계 소재를 제공할 수 있고, 이를 광전자소자, 광촉매 등의 다양한 분야에 활용할 수 있는 특징이 있다.
- [0022] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조 방법을 나타낸 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드의 결정구조, 국부 구조 및 분말 사진을 나타낸 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 및 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5)의 X선 회절 패턴(X-ray diffraction pattern)을 비교한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드의 현미경 사진과 조성 분포를 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드와 탄탈럼 산화물의 아이오딘 3d 코어 레벨 비교도(a) 및 탄탈럼 옥시아이오다이드 내부 탄탈럼 양이온 결합 상태를 나타낸 도면(b)이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다양한 탄탈럼 옥시아이오다이드 시료의 비저항(resistivity)을 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 및 탄탈럼 산화물의 광흡수 스펙트럼, Tauc plot 및 band gap을 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구

현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0025] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.

[0026] 본 명세서에서 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 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0029] **본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드에 대해 설명한다.**

[0030] 본 발명은, 탄탈럼계 소재에 관한 것으로, 구체적으로 기존에 전기전도도 및 광흡수도가 매우 낮은 탄탈럼 산화물의 문제점을 해결하기 위해, 산소 자리에 아이오딘을 부분 치환함으로써 전기전도도 및 광흡수도를 극적으로 향상시켜 다양한 분야에 활용할 수 있는 탄탈럼 옥시아이오다이드를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0031] 상기 탄탈럼 옥시아이오다이드는 하기 화학식 1로 표시되는 것을 특징으로 한다.

[0032] <화학식 1>

[0033] $Ta_2O_{5-x}I_y$

[0034] 상기 화학식 1에서, $0 < x < 5$ 이고, $0 < y < 5$ 일 수 있고, 바람직하게는 $0 < x < 3$, $0 < y < 2$ 일 수 있다.

[0035] 상기 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 와이드갭(widegap) 산화물 반도체인 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5)의 결정구조와 동일할 수 있으며, 기존 탄탈럼 산화물에 비해 우수한 특성을 가지므로 기존 탄탈럼 산화물을 대체할 수 있는 소재에 해당한다.

[0036] 상기 화학식 1의 아이오딘은 탄탈럼 옥시아이오다이드 구조 내부에서 음이온의 상태로 존재할 수 있고, 음이온 상태로 존재하는 아이오딘은, 탄탈럼 양이온과 화학적 결합 상태로 존재할 수 있게 된다.

[0037] 상기 탄탈럼 옥시아이오다이드는 펠렛 또는 분말 형태로 형성된 것일 수 있으나, 형상 구조에 특별한 제한이 있는 것은 아니고, 다양한 형태로 구성될 수 있다.

[0038] 상기 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 비저항 약 $1 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 이하의 값을 가지며, 구체적으로 $1 \text{ }\Omega \cdot \text{cm}$ 내지 $50 \text{ }\Omega \cdot \text{cm}$ 의 값을 가지므로, 우수한 전기전도성을 갖는다.

[0039] 또한 상기 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 기존의 탄탈럼 산화물에 비해 우수한 흡광성을 갖는다.

[0040] 이에 본 발명의 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 전기전도도 또는 흡광도를 필요로 하는 다양한 기술 분야에서 사용될 수 있으며, 예컨대 광전자소자 또는 광촉매소재로 사용될 수 있다.

[0042] **다음으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조방법에 대해 설명한다.**

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조 방법은, 탄탈럼 산화물 및 탄탈럼 아이오다이드 분말을 혼합하여 혼합 분말을 제조하는 단계(S100); 및 상기 혼합 분말을 열처리하는 열처리 단계(S200);를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0044] 먼저, 혼합 분말을 제조한다(S100).

[0045] 상기 S100 단계에서, 혼합 분말은 제조하고자 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드의 화학양론적 비에 따라 투입량을

적절히 조절하여 혼합할 수 있으며, 예를 들어 상기 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5) 및 탄탈럼 아이오다이드(TaI_5) 분말의 혼합 비율은, 몰비 기준 10~0.2:1 (Ta_2O_5 : TaI_5)일 수 있다.

[0046] 이때, 제조하고자 하는 탄탈럼 옥시아이오다이드 형태에 따라 열처리 전에 상기 혼합 분말을 봉합 처리할 수 있으며, 예를 들어 펠렛 형태로 상기 혼합 분말을 봉합할 수 있다.

[0047] 다음으로, 상기 혼합 분말을 열처리한다(S200).

[0048] 상기 열처리는 약 600 °C 이상의 온도에서 수행될 수 있고, 바람직하게는 600 °C 이상 1600 °C 이하 범위일 수 있다.

[0049] 또한, 상기 열처리는 24시간 이상 수행되는 것이 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조에 적절하다. 일 예로, 상기 열처리는 24시간 이상 240 시간 이하 동안 수행될 수 있다.

[0050] 상기 제조방법에 의해 제조된 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 하기 화학식 1로 표시될 수 있다.

[0051] <화학식 1>

[0052] $Ta_2O_{5-x}I_y$

[0053] (상기 화학식 1에서, $0 < x < 5$ 이고, $0 < y < 5$ 일 수 있고, 바람직하게는 $0 < x < 3$, $0 < y < 2$ 일 수 있다.)

[0055] 이하에서는 제조예, 비교예 및 실험예를 통해 본 발명에 대해 더욱 상세하게 설명한다. 하지만 본 발명이 하기 제조예 및 실험예에 한정되는 것은 아니다.

[0057] 실시예 1 : 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조

[0058] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 제조 방법을 나타낸 개념도이다.

[0059] Ta_2O_5 및 TaI_5 를 1.5:1 몰비로 혼합해 혼합 분말을 제조하였다.

[0060] 제조된 혼합 분말을 유리관을 활용해 펠렛화 하여 봉합하고, 800 °C 온도에서 48시간 동안 열처리하여 탄탈럼 옥시아이오다이드를 제조하였다.

[0062] 실험예 1 : 구조 특성 평가

[0063] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드의 결정구조, 국부 구조 및 분말 사진을 나타낸 도면이다.

[0064] 구체적으로 도 2a는 본 발명에서 제시하는 탄탈럼 옥시아이오다이드($Ta_2O_{5-x}I_y$)의 결정구조, 도 2b는 탄탈럼 옥시아이오다이드에서 탄탈럼(Ta) 양이온을 둘러싼 산소(O) 위치에 아이오딘(I)이 부분 치환된 상태를 나타내는 국부 구조(local structure), 도 2c는 탄탈럼 옥시아이오다이드 분말의 사진을 확인할 수 있다.

[0065] 실시예 1에서 제조된 탄탈럼 옥시아이오다이드는, 상기 도 2a에서와 같이 기존의 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5)과 동일한 결정구조를 가지고, 탄탈럼 양이온을 둘러싼 산소(O) 위치에 아이오딘(I)이 부분 치환된 형태의 국부 구조를 보여준다(도 2b).

[0066] 또한 기존의 탄탈럼 산화물이 흰색인 것과는 대조적으로 탄탈럼 옥시아이오다이드 시료는 검은색인 것을 확인할 수 있다(도 2c).

[0068] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 및 탄탈럼 산화물(Ta_2O_5)의 X선 회절 패턴(X-ray diffraction pattern)을 비교한 도면이다.

[0069] 상기 도 3에서, 본 발명의 탄탈럼 옥시아이오다이드가 탄탈럼 산화물과 동일한 결정구조를 가지고 있음을 확인

할 수 있다.

[0070] 도4는 주사 전자 현미경과 에너지 분산 X선 분석(scanning electron microscopy and energy dispersive X-ray analysis)을 활용해 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드의 현미경 사진과 조성 분포를 나타낸 도면이다.

[0071] 하기 표 1은, 다양한 탄탈럼 옥시아이오다이드($Ta_2O_{5-x}I_y$) 시료의 조성을 정리한 도표이다.

표 1

sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	2.27	2.60	1.98	2.28	2.53	0.70	1.57	2.47	1.96	1.86
y	0.68	0.74	0.81	1.10	0.71	0.17	0.24	1.34	1.26	1.26

[0073] 상기 도 4에서와 같이 원소 맵핑(elemental mapping)을 통해, 아이오딘은 시료 전체에 걸쳐서 고르게 분포되어 있음을 확인할 수 있으며, 상기 표 1에서와 같이 다양한 탄탈럼 옥시아이오다이드 시료의 조성을 분석함으로써 $Ta_2O_{5-x}I_y$ 의 x가 0~3 사이의 값을, y가 0~2 사이의 값을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0074] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드와 탄탈럼 산화물의 아이오딘 3d 코어 레벨 비교도 (a) 및 탄탈럼 옥시아이오다이드 내부 탄탈럼 양이온 결합 상태를 나타낸 도면(b)이다.

[0075] 구체적으로, 상기 도 5a는 X선 광전자 분광법(X-ray photoelectron spectroscopy)을 활용하여 탄탈럼 옥시아이오다이드와 기존의 탄탈럼 산화물의 아이오딘 3d 코어 레벨(core level) 스펙트럼을 비교한 것이다. 기존의 탄탈럼 산화물에서는 아이오딘 피크(peak)가 나타나지 않는 것에 반하여 탄탈럼 옥시아이오다이드에서는 아이오딘 피크를 명확하게 관측할 수 있었으며, 이는 아이오딘이 탄탈럼 옥시아이오다이드 내부에 존재하고 있음을 입증한다. 또한, 탄탈럼 옥시아이오다이드의 $3d_{5/2}$ 피크의 위치가 618.9 eV로 단원자 아이오딘 고체의 피크 위치인 619.3 eV보다 낮은 에너지를 보여주는 것을 통하여 아이오딘이 음이온의 상태로 탄탈럼 옥시아이오다이드 내부에 존재함을 확인할 수 있다.

[0076] 도 5b는 X선 흡수 미세구조 분석법(X-ray absorption fine structure)을 활용하여 탄탈럼 옥시아이오다이드 내부에 존재하는 탄탈럼 양이온의 결합상태를 분석한 것으로, Ta-O 결합뿐만 아니라 Ta-I 결합이 존재하는 것을 확인하였으며, 이는 탄탈럼 옥시아이오다이드 내부에 존재하는 아이오딘 음이온이 탄탈럼 양이온과 결합을 하고 있다는 사실을 나타낸다.

[0078] 실험예 2 : 전기전도성 및 광흡수성 성능 평가

[0079] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 다양한 탄탈럼 옥시아이오다이드 시료의 비저항(resistivity)을 나타낸 그림이다.

[0080] 상기 도 6을 참조하면, 다양한 탄탈럼 옥시아이오다이드 시료의 비저항을 측정한 결과, 시료에 따라 편차는 있으나 약 1~50 $\Omega \cdot cm$ 사이의 매우 낮은 비저항을 나타내는 것을 확인할 수 있으며 이는 탄탈럼 옥시아이오다이드가 우수한 전기전도성을 갖고 있음을 의미한다.

[0081] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 탄탈럼 옥시아이오다이드 및 탄탈럼 산화물의 광흡수 스펙트럼, Tauc plot 및 band gap을 비교한 도면이다.

[0082] 구체적으로, 도 7a는 자외선-가시광선 분광광도계(UV-Visible spectroscopy)를 활용하여 탄탈럼 옥시아이오다이드와 기존의 탄탈럼 산화물의 광흡수 스펙트럼을 비교한 것으로, 탄탈럼 옥시아이오다이드가 탄탈럼 산화물에 비하여 넓은 파장 범위에 걸쳐서 우수한 흡광성을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

[0083] 또한 도 7b에서와 같이 Tauc plot을 통하여 밴드갭을 분석한 결과, 탄탈럼 산화물의 산소 위치에 아이오딘을 부분 치환함으로써 밴드갭 에너지가 3.9 eV에서 1.3 eV로 크게 감소했음을 알 수 있다.

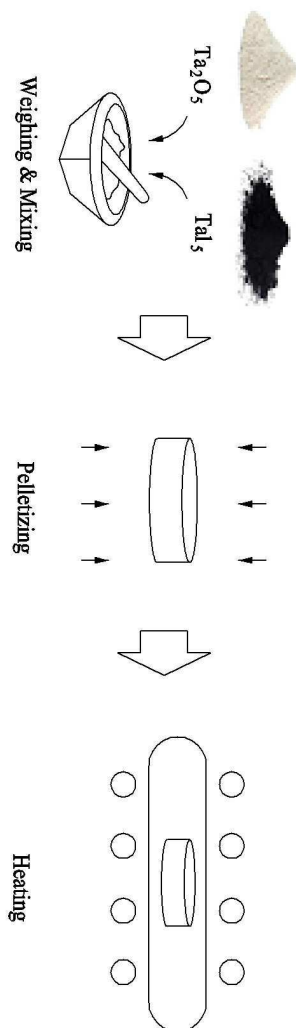
[0084] 즉, 본 실험예 2에서 나타난 탄탈럼 옥시아이오다이드의 우수한 흡광성과 낮은 밴드갭은 탄탈럼 옥시아이오다이

드가 광전자소자 및 광촉매소재로 활용될 수 있는 가능성을 보여준다.

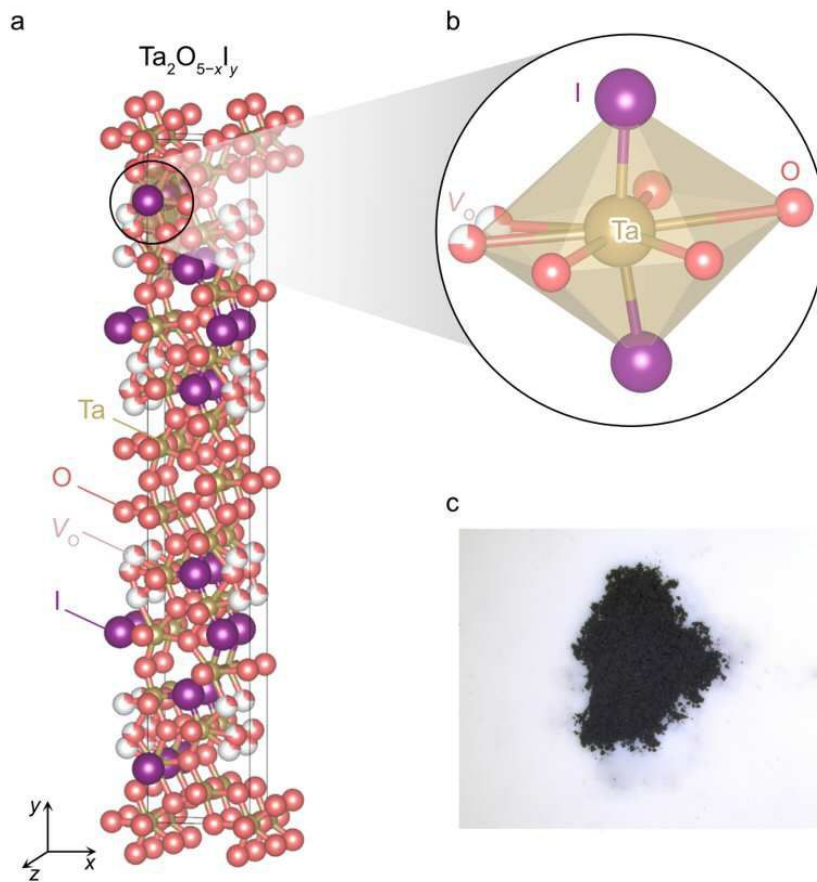
- [0086] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0087] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

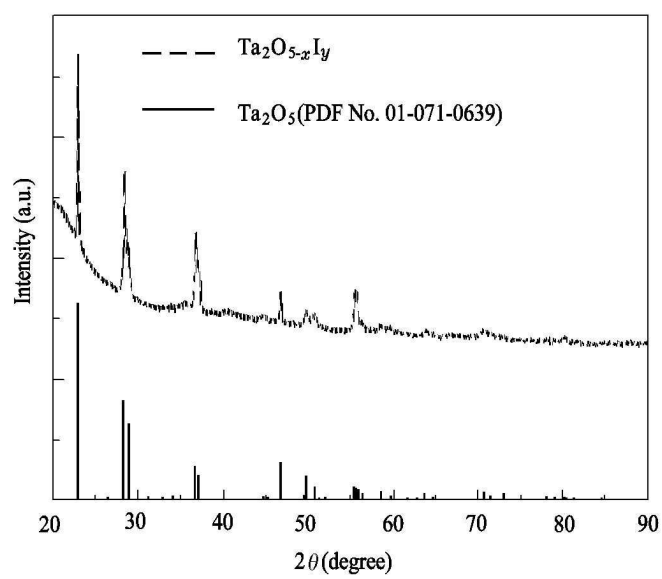
도면1



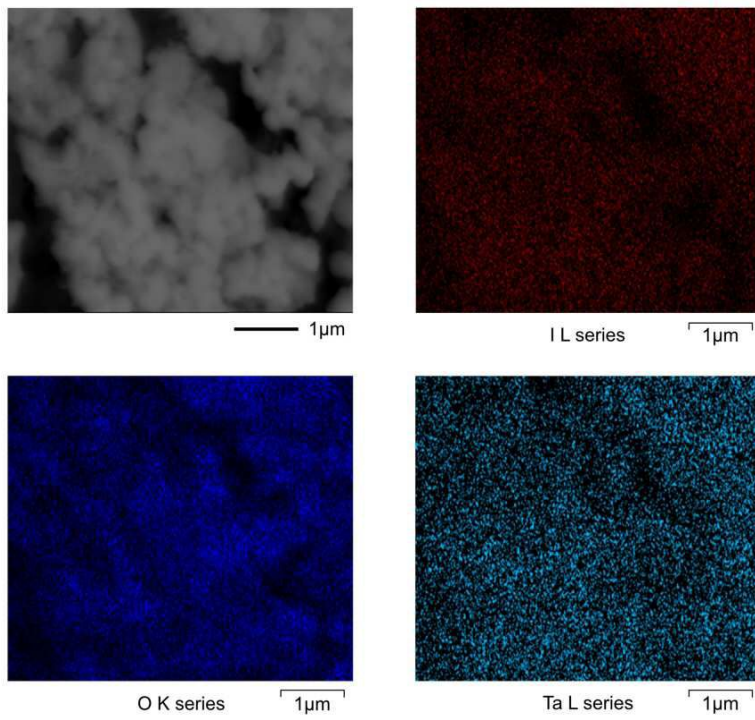
도면2



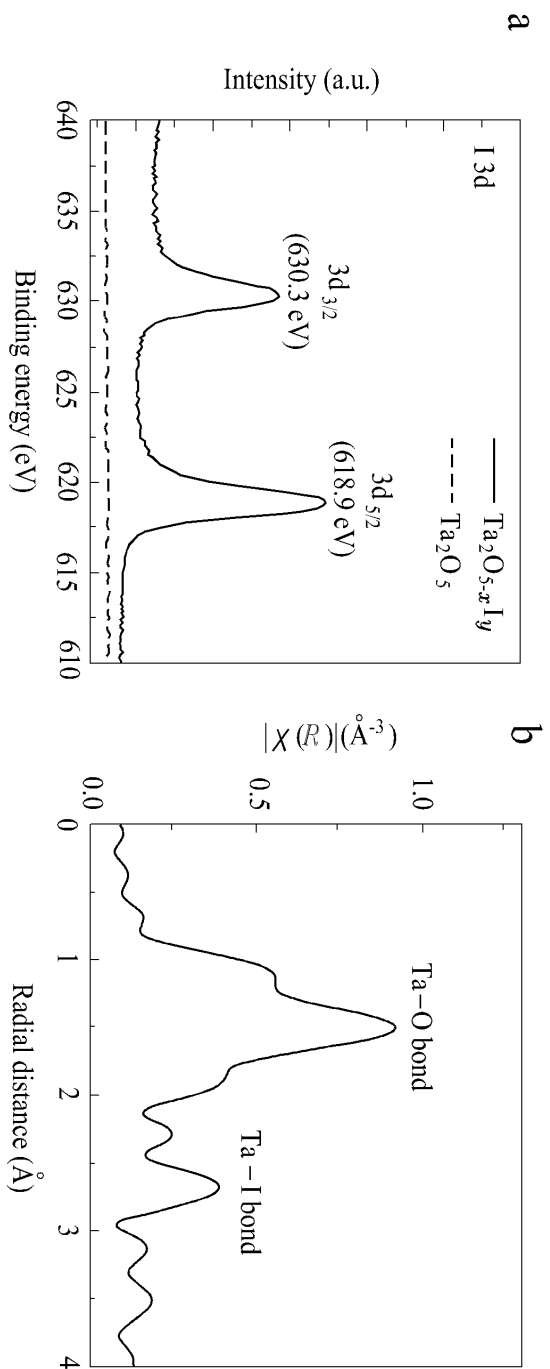
도면3



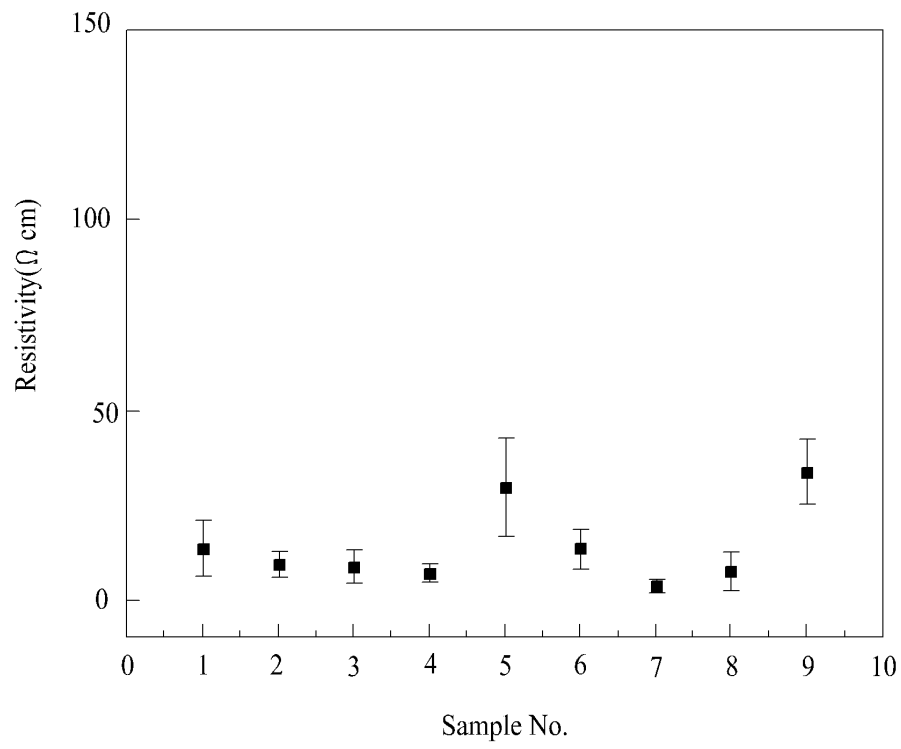
도면4



도면5



도면6



도면7

