(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년04월01일
(11) 등록번호 10-1608278
(24) 등록일자 2016년03월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F24J 2/48 (2006.01) *B82B 3/00* (2006.01)
C23G 1/02 (2006.01) *C23G 1/10* (2006.01)
C23G 5/00 (2006.01) *B82Y 30/00* (2011.01)
(52) CPC특허분류
F24J 2/485 (2013.01)
B82B 3/0014 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0120051
(22) 출원일자 2015년08월26일
심사청구일자 2015년08월26일
(56) 선행기술조사문헌
비특허문헌1
비특허문헌2*
비특허문헌3
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
남영석
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스 (서천동)
홍희기
경기도 수원시 영통구 매영로 310번길 27, 644동 102호(영통동, 신원아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김홍석, 김등용

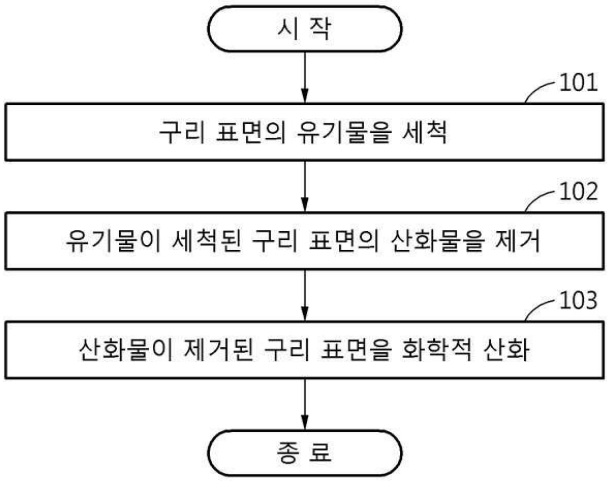
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 김호영

(54) 발명의 명칭 **화학적 산화기법을 이용해 제작한 산화구리 기반 고효율 선택 흡수판의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 화학적 산화기법을 이용해 제작한 산화구리 기반 고효율 선택 흡수판의 제조 방법에 관한 것으로서, 일실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 구리 표면의 화학적 산화기법을 통해 나노 스케일의 구조물을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 나노 스케일의 구조물을 형성하는 단계는, 상기 구리 표면의 유기물을 세척하는 단계, 상기 유기물이 세척된 구리 표면의 산화물을 제거하는 단계, 및 차아염소산나트륨($NaClO_2$), 수산화나트륨(NaOH), 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4), 및 비이온수(DI water)를 미리 지정된 비율로 혼합한 알칼리 솔루션을 이용하여 상기 산화물이 제거된 구리 표면을 화학적 산화시키는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B82B 3/0038 (2013.01)
B82Y 30/00 (2013.01)
C23G 1/02 (2013.01)
C23G 1/103 (2013.01)
C23G 5/00 (2013.01)

(72) 발명자
이정헌
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스

정다솔
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 경희대학교 국제캠퍼스

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2014034818
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 우주핵심기술사업
연구과제명 우주탐사체용 고에너지 밀도 열광전 배터리 개발
기 여 율 1/2
주관기관 경희대학교 산학협력단
연구기간 2014.07.01 ~ 2017.06.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20133030080780
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 산업기술혁신사업
연구과제명 이중투과체 구조의 중온용 평판형 태양열집열기 개발
기 여 율 1/2
주관기관 (주)이맥스시스템
연구기간 2013.08.01 ~ 2016.07.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

구리 표면의 화학적 산화기법을 통해 나노 스케일의 구조물을 형성하는 단계를 포함하되,

상기 나노 스케일의 구조물을 형성하는 단계는,

상기 구리 표면의 유기물을 세척하는 단계;

상기 유기물이 세척된 구리 표면의 산화물을 제거하는 단계; 및

차아염소산나트륨($NaClO_2$), 수산화나트륨(NaOH), 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4), 및 비이온수(DI water)를 미리 지정된 비율로 혼합한 알칼리 솔루션을 이용하여 상기 산화물이 제거된 구리 표면을 1분 내지 3분동안 화학적 산화시키는 단계,

를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유기물을 세척하는 단계는,

상기 구리 표면을 에탄올(ethanol), 아세톤(acetone), 이소프로판올(isopropanol)을 미리 지정된 기간 동안 각각 음파처리하는 단계; 및

상기 음파처리된 구리 표면을 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 음파처리하는 단계는,

상기 구리 표면을 에탄올, 아세톤, 이소프로판올을 각각 5분씩 음파처리하는 단계를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 산화물을 제거하는 단계는,

상기 유기물을 세척된 구리표면을 일정 농도의 염산 용액에 미리 지정된 시간 동안 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 산화물을 제거하는 단계는,

상기 유기물을 세척된 구리표면을 36%의 염산 용액에 30초간 담그는 단계를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 화학적 산화시키는 단계는,

차아염소산나트륨($NaClO_2$) 3.75g, 수산화나트륨(NaOH) 5g, 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4) 10g, 및 비이온수(DI water) 100ml를 혼합한 알칼리 솔루션에 상기 산화물이 제거된 구리 표면을 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 화학적 산화시키는 단계는,

비이온수(DI water)를 이용하여 세척 후, 질소가스 및 핫플레이트를 이용하여 표면을 건조시키는 단계를 더 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 9

차아염소산나트륨($NaClO_2$) 3.75g, 수산화나트륨(NaOH) 5g, 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4) 10g, 및 비이온수(DI water) 100ml를 혼합하여 알칼리 솔루션을 생성하는 단계;

상기 생성된 알칼리 솔루션을 이용하여 구리 표면을 1분 내지 3분동안 화학적 산화시키는 단계를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 구리 표면의 유기물을 세척하는 단계;

상기 유기물이 세척된 구리 표면의 산화물을 제거하는 단계

를 더 포함하고,

상기 유기물을 세척하는 단계는,

상기 구리 표면을 에탄올, 아세톤, 이소프로판올을 미리 지정된 기간 동안 각각 음파처리하는 단계를 포함하고,

상기 산화물을 제거하는 단계는,

상기 유기물을 세척된 구리표면을 일정 농도의 염산 용액에 미리 지정된 시간 동안 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함하는 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법에 관한 것으로서, 구리 표면 위에 화학적 산화기법을 통해 나노 스케일의 구조물을 형성하여 효과적으로 태양에너지를 흡수하는 고효율 태양열 흡수판을 제조하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현재에는 $TiNO_X$ 샘플을 이용하여 고효율 태양열 흡수판을 사용하고 있다.

[0003] $TiNO_X$은 물리적 증착 방식을 통해 제작될 수 있는데, 이러한 물리적 증착 방식은 열증착(Thermal Evaporator), 전자선 증착(E-bean Evaporator) 그리고 스퍼터(Sputtering) 등이 있을 수 있다.

[0004] 물리적 증착 방식은 저압의 고진공 상태(1 torr)에서 Titatium을 녹여 구리 또는 알루미늄 평판에 증착시키는

방식이다. 이러한 방식의 특성에 따라 물리적 증착 방식에는 많은 에너지가 필요하다. 또한, 물리적 증착의 특성상 평판에서도 고르게 증착되지 않고, 복잡한 형상에서 증착이 불가능하다는 단점을 가지고 있다.

[0005] 따라서, 고효율 태양열 흡수판을 제작하는데 있어 평판에서 고르게 증착될 수 있고, 복잡한 형상에서도 증착이 가능한 새로운 제작 방법이 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제4,098,956호

(특허문헌 0002) 미국등록특허 제8,893,711호

(특허문헌 0003) 미국공개특허 제2010-0294263호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 화학적 산화 기법을 통해 흡수판을 제작함으로써 복잡한 형상에 비교적 균일한 흡수판을 제작하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 구리 표면의 화학적 산화기법을 통해 나노 스케일의 구조물을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 나노 스케일의 구조물을 형성하는 단계는, 상기 구리 표면의 유기물을 세척하는 단계, 상기 유기물이 세척된 구리 표면의 산화물을 제거하는 단계, 및 차아염소산나트륨($NaClO_2$), 수산화나트륨(NaOH), 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4), 및 비이온수(DI water)를 미리 지정된 비율로 혼합한 알칼리 솔루션을 이용하여 상기 산화물이 제거된 구리 표면을 화학적 산화시키는 단계를 포함한다.

[0009] 여기서, 상기 유기물을 세척하는 단계는, 상기 구리 표면을 에탄올, 아세톤, 이소프로판올을 미리 지정된 기간 동안 각각 음파처리하는 단계, 및 상기 음파처리된 구리 표면을 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함한다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 상기 음파처리하는 단계는, 상기 구리 표면을 에탄올, 아세톤, 이소프로판올을 각각 5분씩 음파처리하는 단계를 포함한다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 상기 산화물을 제거하는 단계는, 상기 유기물을 세척된 구리표면을 일정 농도의 염산 용액에 미리 지정된 시간 동안 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함한다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 상기 산화물을 제거하는 단계는, 상기 유기물을 세척된 구리표면을 36%의 염산 용액에 약 30초간 담그는 단계를 포함한다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 상기 화학적 산화시키는 단계는, 차아염소산나트륨($NaClO_2$) 3.75g, 수산화나트륨(NaOH) 5g, 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4) 10g, 및 비이온수(DI water) 100ml를 혼합한 알칼리 솔루션에 상기 산화물이 제거된 구리 표면을 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함한다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따른 상기 화학적 산화시키는 단계는, 상기 혼합한 알칼리 솔루션에 상기 산화물이 제거된 구리 표면을 3분 동안 담근 후 세척하는 단계를 포함한다.

[0015] 본 발명의 실시예에 따른 상기 화학적 산화시키는 단계는, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척 후, 질소가스 및 핫플레이트를 이용하여 표면을 건조시키는 단계를 더 포함한다.

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 차아염소산나트륨($NaClO_2$) 3.75g, 수산화나트륨(NaOH) 5g, 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4) 10g, 및 비이온수(DI water) 100ml를 혼합하여 알칼리 솔루션을 생성하는 단계, 및 상기 생성된 알칼리 솔루션을 이용하여 구리 표면을 화학적 산화시키는 단계를 포함한다.

[0017] 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 상기 구리 표면의 유기물을 세척하는 단계, 및 상기 유기물이 세척된 구리 표면의 산화물을 제거하는 단계를 더 포함하고, 상기 유기물을 세척하는 단계는, 상기 구리 표면을 에탄올, 아세톤, 이소프로판올을 미리 지정된 기간동안 각각 음파처리하는 단계를 포함하고, 상기 산화물을 제거하는 단계는, 상기 유기물을 세척된 구리표면을 일정 농도의 염산 용액에 미리 지정된 시간동안 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명의 실시예에 따르면, 화학적 산화 기법을 통해 흡수판을 제작함으로써 복잡한 형상에 비교적 균일한 흡수판을 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조를 위한 구체적인 실시예를 설명하는 도면이다.

도 3은 나노구조물을 형성한 산화구리 흡수판의 SEM 사진을 도시한 도면이다.

도 4는 산화구리와 종래의 기술인 $TiNO_X$의 파장대별 흡수율 비교 측정 그래프를 도시한 도면이다.

도 5는 $TiNO_X$의 복사특성을 나타내는 그래프이다.

도 6은 $TiNO_X$를 사용한 평판형 태양열 집열기와 산화구리를 사용한 평판형 태양열 집열기의 효율 그래프를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에서, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 이러한 실시예들에 의해 권리범위가 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0021] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.

[0022] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0024] 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 구리 표면에 화학적 산화기법을 통해 나노 스케일의 구조물을 형성하여 효과적으로 태양에너지를 흡수하는 고효율 태양열 흡수판을 제조할 수 있다.

[0025] 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 유기물 세척(Organic Cleaning) 과정, 산화물 제거(Remove Oxide) 과정, 화학적 산화(Chemical Oxidation) 과정을 포함할 수 있다.

[0026] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 나노 스케일의 구조물을 형성하기 위해, 구리 표면의 유기물을 세척할 수 있다(단계 101).

[0027] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 유기물이 세척된 구리 표면의 산화물을 제거할 수 있다(단계 102).

[0028] 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 산화물이 제거된 구리 표면을 화학적 산화시킬 수 있다(단계 103).

[0029] 화학적 산화를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 유기물 세척된 구리표면을 일정 농도의 염산 용액에 미리 지정된 시간 동안 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 세척 후 질소가스와 핫플레이트를 이용하

여 구리 표면을 건조시킬 수 있다.

[0031] 결국, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 화학적 산화 기법을 통해 흡수판을 제작함으로써 복잡한 형상에 비교적 균일한 흡수판을 제작할 수 있다.

[0032] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조를 위한 구체적인 실시예를 설명하는 도면이다.

[0033] 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 유기물 세척(Organic Cleaning) 과정, 산화물 제거(Remove Oxide) 과정, 화학적 산화(Chemical Oxidation) 과정을 통해, 구리 표면에 화학적 산화기법으로 나노 스케일의 구조물을 형성할 수 있다.

[0034] 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 구리 표면의 유기물을 세척할 수 있는데, 도면부호 210의 과정에서 유기물을 세척하기 위해 구리 표면을 에탄올, 아세톤, 이소프로판올을 미리 지정된 기간동안 각각 음파처리할 수 있다. 일례로, 본 발명에서는 에탄올, 아세톤, 이소프로판올을 각각 5분씩 음파처리 후 음파처리된 구리 표면을 비이온수(DI water)를 이용하여 세척할 수 있다. 또한, 본 발명에서는 질소가스와 핫플레이트를 이용하여 세척한 구리 표면의 물기를 모두 건조 시킬 수 있다.

[0035] 다음으로, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 유기물이 세척된 구리 표면의 산화물을 제거할 수 있는데, 도면부호 220으로 식별되는 36%의 염산 용액에 약 30초간 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척할 수 있다. 또한, 세척된 구리 표면을 질소가스와 핫플레이트를 이용하여 건조시킬 수 있다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 산화물이 제거된 구리 표면을 화학적 산화시킬 수 있다. 이를 위해, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 유기물을 세척된 구리표면을 일정 농도의 염산 용액에 미리 지정된 시간동안 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척할 수 있으며, 보다 구체적으로는 차아염소산나트륨($NaClO_2$) 3.75g, 수산화나트륨(NaOH) 5g, 인산플루오르화나트륨(Na_3PO_4) 10g, 및 비이온수(DI water) 100ml를 혼합한 알칼리 솔루션에 상기 산화물이 제거된 구리 표면을 담근 후, 비이온수(DI water)를 이용하여 세척할 수 있다. 이때, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 혼합한 알칼리 솔루션에 산화물이 제거된 구리 표면을 3분 동안 담근 후 세척할 수 있고, 세척 후 질소가스와 핫플레이트를 이용하여 구리 표면을 건조 시킬 수 있다.

[0037] 도 3은 나노구조물을 형성한 산화구리 흡수판의 SEM(Scanning Electron Microscope) 사진(300)을 도시한 도면이다. 도면부호 300에서 보는 바와 같이 결국, 본 발명의 실시예에 따른 고효율 태양열 흡수판의 제조 방법은 화학적 산화 기법을 통해 흡수판을 제작함으로써 복잡한 형상에서도 비교적 균일한 흡수판을 제작할 수 있다.

[0038] 도 4는 산화구리와 종래의 기술인 $TiNO_X$의 파장대별 흡수율 비교 측정 그래프(400)를 도시한 도면이다.

[0039] 태양은 약 6000K으로 가시광선 영역인 380nm~700nm에서 가장 강하게 복사에너지를 방출하는데, 도 4에서는 200nm~2500nm 영역에서 Spectrophotometer의 Specural Mode를 이용하여 측정된 복사특성을 나타낸다. 도면부호 400에서 보는 바와 같이, $TiNO_X$에 비해 본 발명인 CuO Type1의 흡수율이 유지되거나 다소 개선된 것을 확인할 수 있다.

[0040] 뿐만 아니라, 파장대별 흡수율 비교 측정 그래프(400)에서 나타나 듯이 2000nm~14000nm영역에서 FT-IR의 Specural Mode를 이용하여 장파장대 복사에너지 손실정도를 측정한 결과, $TiNO_X$에 비해 CuO Type 1의 복사에너지 손실이 다소 작은 것이 확인된다.

[0041] 따라서, $TiNO_X$에 비해 본 발명인 CuO Type1가 태양에너지 흡수 측면과, 복사에너지 손실면에서 유사하거나 다소 우수한 특성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0042] 도 5는 $TiNO_X$의 복사특성을 나타내는 그래프(500)이다.

[0043] 그래프(500)를 살펴보면 도 4의 그래프와는 다르게 y축이 반사율이고, 반사율과 방사율의 합은 1이다. 따라서 1에서 그래프(500)의 값을 빼주면 방사율을 구할 수 있고, 결국 직접 측정한 그래프(400)와 그래프(500)의 결과는 동일하다.

[0044] 도 6은 $TiNO_X$를 사용한 평판형 태양열 집열기와 산화구리를 사용한 평판형 태양열 집열기의 효율 그래프를 나타낸 그래프(600)이다.

[0045] 그래프(600)는 $TiNO_X$와 산화구리의 흡수율을 단일 투과체 태양열 집열기 해석 모델과 이중 투과체 태양열 집열기 해석 모델에 대입한 결과이다. 그래프(600)의 해석 결과를 보면, 태양에너지 흡수 효율이 높은 산화구리를 사용하였을 때 전체적인 집열기 효율이 증가한 것을 확인할 수 있다.

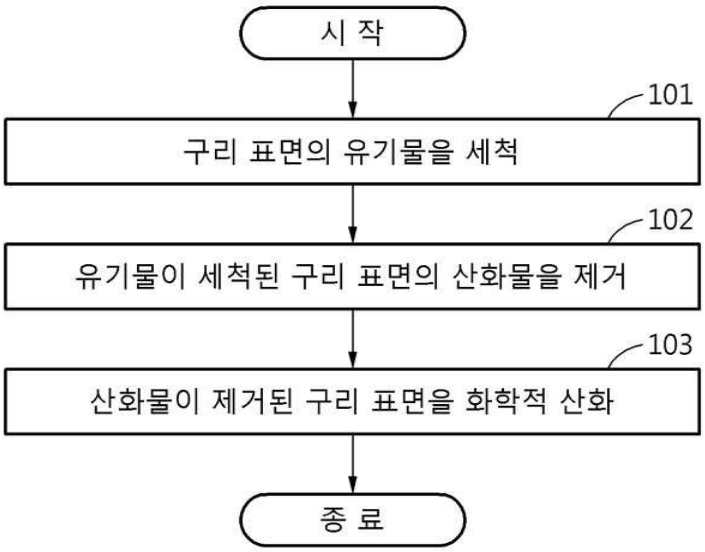
[0046] 결국, 본 발명에 따르면 화학적 산화 기법을 통해 흡수판을 제작함으로써 복잡한 형상에 비교적 균일한 흡수판을 제작할 수 있다.

[0047] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

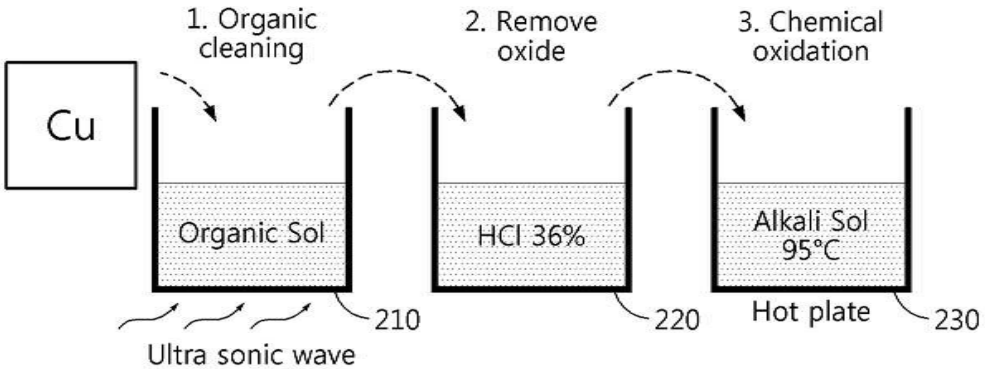
[0048] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

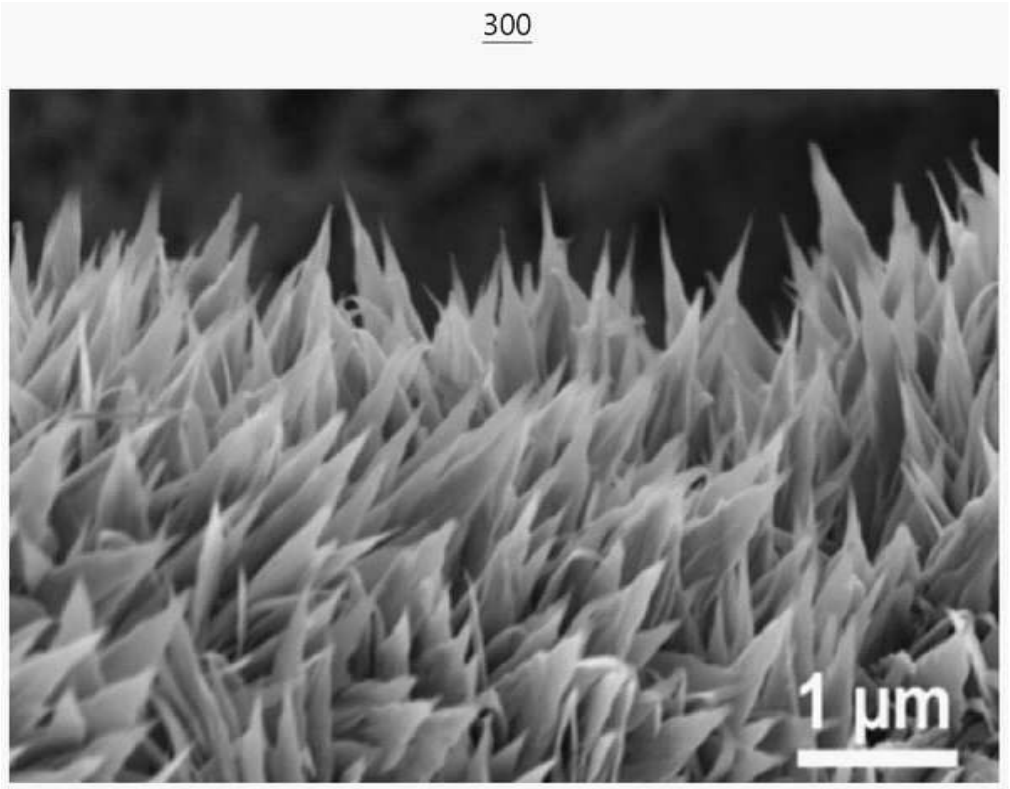
도면1



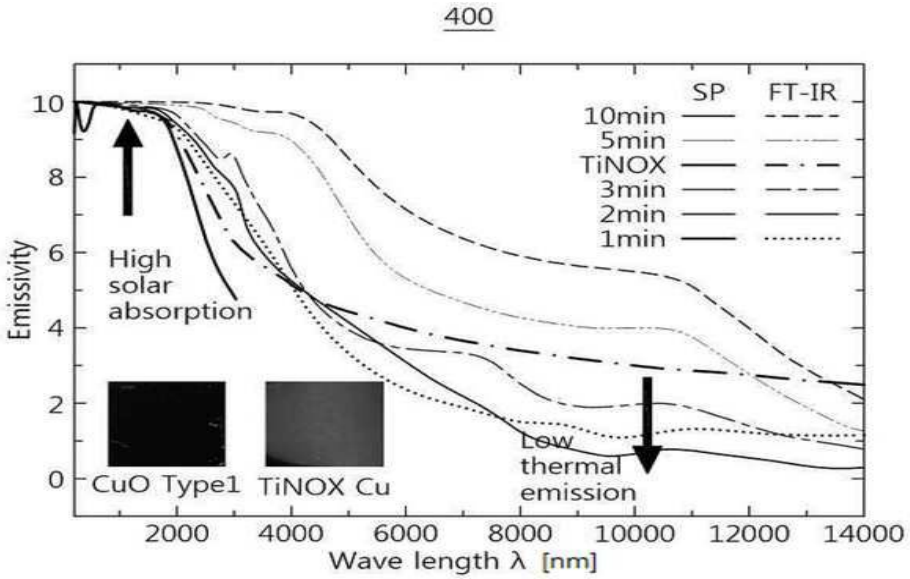
도면2



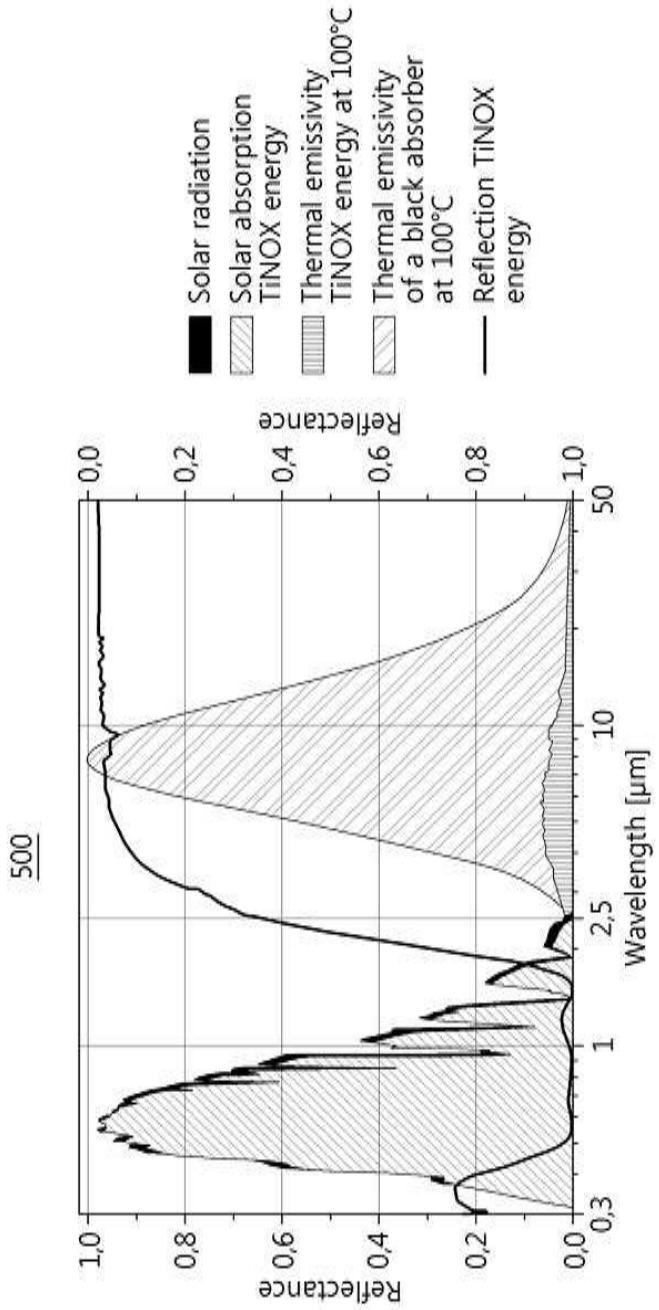
도면3


300
1 μm

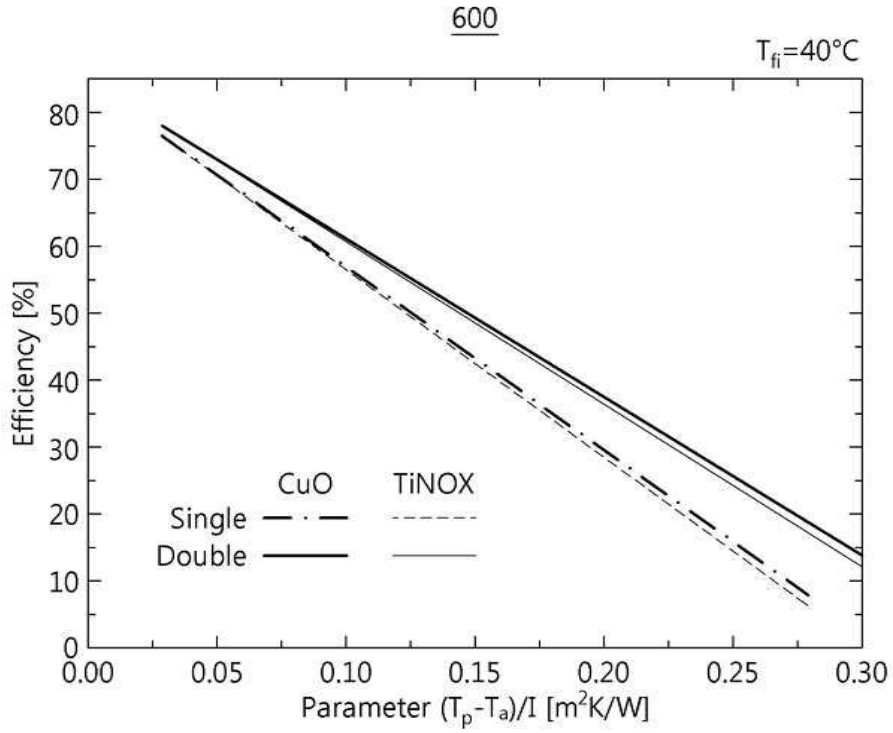
도면4


400
SP
FT-IR
10min
5min
TiNOX
3min
2min
1min
High
solar
absorption
Low
thermal
emission
CuO Type1
TiNOX Cu
Emissivity
Wave length λ [nm]
0
2
4
6
8
10
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000

도면5


500
Solar radiation
Solar absorption TiNOX energy
Thermal emissivity TiNOX energy at 100°C
Thermal emissivity of a black absorber at 100°C
Reflection TiNOX energy
Reflectance
Wavelength [µm]
0,3
2,5
50

도면6


600
T_{fi}=40°C
Efficiency [%]
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
CuO
TiNOX
Single
Double
Parameter $(T_p-T_a)/I$ [m^2K/W]