



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0154373
(43) 공개일자 2022년11월22일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>C25B 3/07</i> (2021.01) <i>C07D 301/36</i> (2006.01)
 <i>C07D 303/04</i> (2006.01) <i>C25B 1/30</i> (2006.01)
 <i>C25B 11/091</i> (2021.01) <i>C25B 3/21</i> (2021.01)
 <i>C25B 9/50</i> (2021.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>C25B 3/07</i> (2021.01)
 <i>C07D 301/36</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0061809
 (22) 출원일자 2021년05월13일
 심사청구일자 2021년05월13일</p> | <p>(71) 출원인
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
 장지옥
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 곽자훈
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 특허법인 무한</p> |
|---|---|

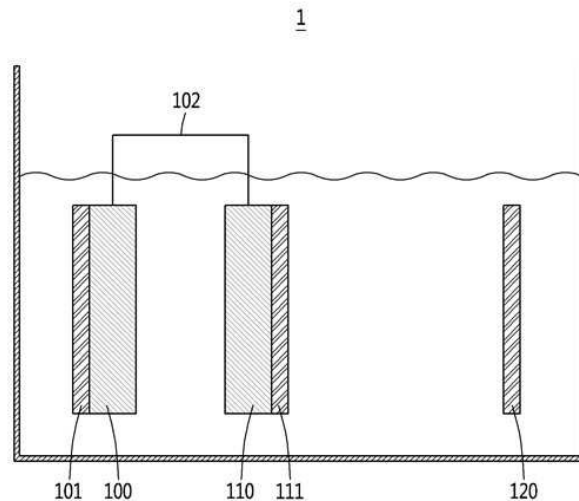
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 산화프로필렌 제조를 위한 촉매 시스템 및 산화프로필렌의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 산화프로필렌 제조를 위한 촉매 시스템 및 산화프로필렌의 제조방법에 대한 것으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템은, 제1 촉매가 표면에 형성된 산화 전극, 제2 촉매가 표면에 형성된 환원 전극 및 상기 산화 전극 및 상기 환원 전극과 이격되어 형성된 제3 촉매를 포함할 수 있고, 빛을 이용하여 산소를 이용하여 친환경적으로 산화프로필렌을 생성할 수 있는 방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C07D 303/04 (2013.01)

C25B 1/30 (2021.01)

C25B 11/091 (2021.01)

C25B 3/21 (2021.01)

C25B 9/50 (2022.01)

(72) 발명자

주상훈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

고묘화

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김용선

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

우진우

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

제1 촉매가 표면에 형성된 산화 전극;
제2 촉매가 표면에 형성된 환원 전극; 및
상기 산화 전극 및 상기 환원 전극과 이격되어 형성된 제3 촉매;를 포함하고,
상기 환원 전극은, 상기 산화 전극과 이격되어 형성되되 전기적으로 연결된 것이고,
상기 산화 전극, 상기 환원 전극 및 상기 제3 촉매는, 용액 내에 위치하는 것인,
촉매 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 촉매 시스템은, 산화프로필렌을 생성하는 것인,
촉매 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 제1 촉매는, 광촉매인 것인,
촉매 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 광촉매는, TiO_2 , BiVO_4 , WO_3 , Fe_2O_3 및 Si으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것인,
촉매 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,
상기 광촉매는, 1.0 eV 내지 3.3 eV의 밴드갭을 가지는 것인,
촉매 시스템.

청구항 6

제3항에 있어서,
상기 광촉매는, 300 nm 내지 550 nm 파장의 빛에 의해 동작하는 것인,

촉매 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 제2 촉매는, 전기촉매인 것인,
촉매 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 전기촉매는, 코발트계 포피린, 탄소계 물질, 금속 산화물 및 금속간 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것인,
촉매 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,
상기 전기촉매는, 과산화수소를 생성하는 것인,
촉매 시스템.

청구항 10

제7항에 있어서,
상기 전기촉매는, 실리카로 코팅되는 것인,
촉매 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,
상기 제1 촉매 및 상기 제2 촉매는, 분리막으로 분리되는 것이고,
상기 분리막은, 양이온 교환막, 음이온 교환막 및 양극성 분리막으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것인,
촉매 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,
상기 제3 촉매는, TS-1, TS-2 및 TI-MWW로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것인,
촉매 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,
상기 제3 촉매는, pH 5 이상에서 산화프로필렌 선택비가 98% 이상인 것인,
촉매 시스템.

청구항 14

촉매 시스템을 이용한 산화프로필렌의 제조방법으로서,
제1 촉매가 표면에 형성된 산화 전극에서 물을 산화시키는 단계;
제2 촉매가 표면에 형성된 환원 전극에서 산소를 환원시키는 단계; 및
제3 촉매를 이용하여 산화프로필렌을 형성하는 단계;를 포함하는,
산화프로필렌의 제조방법.

청구항 15

제14항에 있어서,
상기 촉매 시스템은, 제1항 내지 제13항 중 어느 하나의 촉매 시스템인 것인,
산화프로필렌의 제조방법.

청구항 16

제14항에 있어서,
상기 산소를 환원시키는 단계는, 상기 제1 촉매에서 생성된 전자를 이용하여 상기 제2 촉매에서 과산화수소를 생성하는 것인,
산화프로필렌의 제조방법.

청구항 17

제14항에 있어서,
상기 산소를 환원시키는 단계는, 산소를 추가적으로 공급받아 수행되는 것인,
산화프로필렌의 제조방법.

청구항 18

제14항에 있어서,
상기 산화프로필렌을 형성하는 단계는, 상기 촉매 시스템의 외부에서 별도로 공급받은 프로필렌 및 상기 환원 전극에서 생성된 과산화수소를 반응시키는 것인,
산화프로필렌의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 산화프로필렌 제조를 위한 촉매 시스템 및 산화프로필렌의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 산화프로필렌(propylene oxide, PO)은 대부분의 유기 용매와 잘 섞이고, 폴리에올, 글리콜, 계면 활성제, 난연제 등의 원료로 광범위하게 이용되는 것으로서, 공업적으로 매우 유용한 화합물에 해당한다.

[0003] 그러나, 산화프로필렌은 열이나 불꽃에 의해 쉽게 폭발하고, 염화수소, 염화술폰산, 불화수소 등에 의해 쉽게 반응하여 위험한 물질로서, 이를 양산하기 위해서는 유해성이 높은 산화제를 사용하고, 발생하는 부생성물이 많아 대체 공정에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0004] 종래 산화프로필렌 제조를 위한 방법으로서, 안트라퀴논 촉매를 이용하여 과산화수소를 제조하고, 제조된 과산화수소와 프로필렌을 반응시켜 산화프로필렌을 제조하는 방법이 있었다. 그러나, 과산화수소 생성과 산화프로필렌 생성이 별도의 공정으로 이루어지기 때문에, 과산화수소 생성 공정과 산화프로필렌 생성 공정이 물리적으로 근접하여 수행되어야 하고, 안트라퀴논의 생성이 비친환경적이라는 단점이 있었다.

[0005] 이를 해결하기 위해 친환경적이면서도 저렴하게 산화프로필렌을 생성하는 새로운 방법을 도입할 필요가 꾸준히 제기되고 있다.

[0006] 전술한 배경기술은 발명자가 본원의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상술한 문제를 해결하기 위해, 본 발명은 산화프로필렌 제조를 위한 촉매 시스템 및 산화프로필렌의 제조방법을 제공하고자 한다.

[0008] 구체적으로, 본 발명에 따른 산화프로필렌 제조를 위한 촉매 시스템은, 세 개의 촉매를 포함하는 촉매 복합 시스템으로서, 일련의 이격된 촉매 시스템을 이용하여 산화프로필렌을 생성 가능한 촉매 시스템을 제공하고자 한다.

[0009] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템은, 제1 촉매가 표면에 형성된 산화 전극; 제2 촉매가 표면에 형성된 환원 전극; 및 상기 산화 전극 및 상기 환원 전극과 이격되어 형성된 제3 촉매;를 포함하고, 상기 환원 전극은, 상기 산화 전극과 이격되어 형성되되 전기적으로 연결된 것이고, 상기 산화 전극, 상기 환원 전극 및 상기 제3 촉매는, 용액 내에 위치하는 것일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 촉매 시스템은, 산화프로필렌을 생성하는 것일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 촉매는, 광촉매인 것일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광촉매는, TiO_2 , $BiVO_4$, WO_3 , Fe_2O_3 및 Si으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광촉매는, 1.0 eV 내지 3.3 eV의 밴드갭을 가지는 것일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광촉매는, 300 nm 내지 550 nm 파장의 빛에 의해 동작하는 것일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제2 촉매는, 전기촉매인 것일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전기촉매는, 코발트계 포피린, 탄소계 물질, 금속 산화물 및 금속간 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.

- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전기촉매는, 과산화수소를 생성하는 것일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전기촉매는, 실리카로 코팅되는 것일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 촉매 및 상기 제2 촉매는, 분리막으로 분리되는 것이고, 상기 분리막은, 양이온 교환막, 음이온 교환막 및 양극성 분리막으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 촉매는, TS-1, TS-2 및 TI-MWW로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 촉매는, pH 5 이상에서 산화프로필렌 선택비가 98% 이상인 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 실시예에 따른 촉매 시스템을 이용한 산화프로필렌의 제조방법은, 제1 촉매가 표면에 형성된 산화 전극에서 물을 산화시키는 단계; 제2 촉매가 표면에 형성된 환원 전극에서 산소를 환원시키는 단계; 및 제3 촉매를 이용하여 산화프로필렌을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 촉매 시스템은, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템인 것일 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 산소를 환원시키는 단계는, 상기 제1 촉매에서 생성된 전자를 이용하여 상기 제2 촉매에서 과산화수소를 생성하는 것일 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 산소를 환원시키는 단계는, 산소를 추가적으로 공급받아 수행되는 것일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 산화프로필렌을 형성하는 단계는, 상기 촉매 시스템의 외부에서 별도로 공급받은 프로필렌 및 상기 환원 전극에서 생성된 과산화수소를 반응시키는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명은 산화프로필렌 제조를 위한 촉매 시스템 및 산화프로필렌의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0029] 구체적으로, 본 발명에 따른 산화프로필렌 제조를 위한 촉매 시스템은, 세 개의 촉매를 포함하는 촉매 복합 시스템으로서, 일련의 이격된 촉매 시스템을 이용하여 산화프로필렌을 생성 가능한 촉매 시스템을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템의 개략도이다.
- 도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템의 개략도이다.
- 도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템의 개략도이다.
- 도 4는, 본 발명의 실험예에 따른 산화프로필렌의 생성 속도 및 선택비를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.
- [0032] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 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.
- [0033] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 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 의

미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

- [0034] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0035] 또한, 실시예의 구성요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성요소 사이에 또 다른 구성요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0036] 어느 하나의 실시예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0038] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템은, 제1 촉매가 표면에 형성된 산화 전극; 제2 촉매가 표면에 형성된 환원 전극; 및 상기 산화 전극 및 상기 환원 전극과 이격되어 형성된 제3 촉매;를 포함하고, 상기 환원 전극은, 상기 산화 전극과 이격되어 형성되며 전기적으로 연결된 것이고, 상기 산화 전극, 상기 환원 전극 및 상기 제3 촉매는, 용액 내에 위치하는 것일 수 있다.
- [0039] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템의 개략도이다.
- [0040] 도 1 을 참조하면, 촉매 시스템(1)은, 산화 전극(100), 제1 촉매(101), 환원 전극(110), 제2 촉매(111) 및 제3 촉매(120)를 포함할 수 있다.
- [0041] 일 실시예에 따르면, 산화 전극(100), 환원 전극(110) 및 제3 촉매(120)는, 물 속에 위치하는 것일 수 있다.
- [0042] 일 실시예에 따르면, 산화 전극(100) 및 환원 전극(110)은 이격되어 형성되며, 별도의 전선(102)을 통해 전기적으로 연결된 것일 수 있다.
- [0043] 일 실시예에 따르면, 전선(102)을 통해 산화 전극(100)의 전자가 환원 전극(110)으로 이동할 수 있다.
- [0044] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매(101)에서는 물의 산화 반응이 일어나는 것일 수 있다. 물의 산화 반응은 하기 화학식 1과 같이 진행될 수 있다.
- [0045] [화학식 1]
- [0046]
$$2H_2O \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$$
- [0047] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매(101)에서 물의 산화에 의해 전자가 형성될 수 있고, 이는 산화 전극(100), 전선(102)을 거쳐 환원 전극(110) 및 제2 촉매(111)로 이동할 수 있다.
- [0048] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매(101)는, 산화 전극(100)의 표면에 형성될 수 있다.
- [0049] 일 실시예에 따르면, 제2 촉매(111)는, 환원 전극(110)의 표면에 형성될 수 있다.
- [0050] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매(120)는, 상대적으로 산화 전극(100)보다 환원 전극(110)에 가깝게 위치하는 것일 수 있다.
- [0051] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매(120)는, 산화 전극(100) 및 환원 전극(110)과 이격되어 형성되는 것일 수 있고, 산화 전극(100), 환원 전극(110) 및 제3 촉매(120)는 용액 내에 위치하는 것일 수 있다.
- [0053] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 촉매 시스템은, 산화프로필렌을 생성하는 것일 수 있다.
- [0054] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매는, 산화프로필렌을 생성하는 것일 수 있다.
- [0055] 일 실시예에 따르면, 촉매 시스템은, 프로필렌 및 과산화수소를 이용하여 산화프로필렌을 생성하는 것일 수 있다.

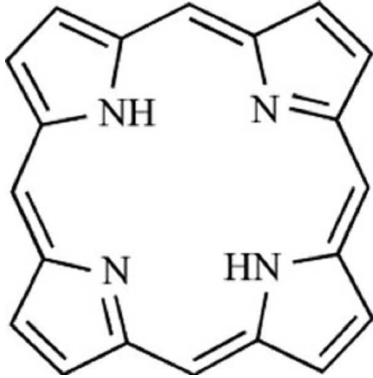
다.

- [0056] 일 실시예에 따르면, 촉매 시스템은, 용액 내부로 프로필렌을 공급받아 제3 촉매에서 에폭시화 반응이 일어나는 것일 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 촉매는, 광촉매인 것일 수 있다.
- [0059] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매는, 빛에 의해 반응이 개시되는 것일 수 있다.
- [0060] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매에서는 물의 산화 반응이 일어나는 것일 수 있다.
- [0061] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매는, 특히, 가시광선 영역의 빛에서 반응이 개시될 수 있으며, 태양광, LED 등의 광원을 통해 빛을 공급받는 것일 수 있다.
- [0062] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매는, 빛에 의해 반응이 개시될 수 있어 친환경적으로 반응이 수행되는 것일 수 있다.
- [0064] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광촉매는, TiO_2 , BiVO_4 , WO_3 , Fe_2O_3 및 Si으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0066] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광촉매는, 1.0 eV 내지 3.3 eV의 밴드갭을 가지는 것일 수 있다.
- [0067] 구체적으로, 광촉매는 물질에 따라 상이한 밴드갭을 가질 수 있고, TiO_2 의 경우 약 3.1 eV, BiVO_4 의 경우 약 2.4 eV, WO_3 의 경우 약 2.7 eV, Fe_2O_3 의 경우 약 2.1 eV, Si의 경우 약 1.1 eV의 밴드갭을 가질 수 있다.
- [0068] 일 실시예에 따르면, 광촉매는, 가전자대와 전도대의 에너지 준위를 가지는 것일 수 있고, 두 에너지 준위의 차이에 해당하는 밴드갭이 3.3 eV 이하인 것일 수 있다.
- [0069] 일 실시예에 따르면, 광촉매는, 밴드갭이 1.0 eV 내지 3.3 eV인 것일 수 있고, 빛에 의해 가전자대의 전자가 충분히 여기될 수 있다.
- [0071] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 광촉매는, 300 nm 내지 550 nm 파장의 빛에 의해 동작하는 것일 수 있다.
- [0072] 구체적으로, 광촉매의 종류에 따라 동작하는 빛의 파장이 상이할 수 있고, 일 예시로서, TiO_2 의 경우 300 nm 내지 400 nm 파장의 빛에서 동작할 수 있고, BiVO_4 의 경우 510 nm 이하 파장의 빛에서 동작하는 것일 수 있다.
- [0074] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제2 촉매는, 전기촉매인 것일 수 있다.
- [0075] 일 실시예에 따르면, 제2 촉매는, 전기에 의해 반응이 개시되는 것일 수 있다.
- [0076] 일 실시예에 따르면, 제2 촉매는, 제1 촉매에서 생성된 전자를 공급받아 반응을 수행하는 것일 수 있다.
- [0077] 일 실시예에 따르면, 제2 촉매는, 하기 화학식 2로 표현되는 반응이 수행될 수 있다.
- [0078] [화학식 2]
- [0079]
$$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$$
- [0080] 일 실시예에 따르면, 제2 촉매에서 산소가 환원되는 것일 수 있다.
- [0081] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매에서 생성된 전자는 산화 전극 및 환원 전극을 거쳐 제2 촉매로 이동할 수 있고, 제2 촉매에서는 전자를 이용하여 산소의 환원 반응이 수행되는 것일 수 있다.

[0083] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전기촉매는, 코발트계 포피린, 탄소계 물질, 금속 산화물 및 금속간 화합물로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0084] 일 실시예에 따르면, 전기촉매는, 코발트계 포피린 촉매를 포함하는 것으로서, 포피린은 피롤 구조 4개가 메틴기로 연결된 거대 고리 화합물을 포함하는 화합물로, 하기 화학식 3과 같이 표현되는 것일 수 있다.

[0085] [화학식 3]



[0086]

[0087] 일 실시예에 따르면, 포피린의 중앙부에 위치하는 네 개의 질소 원자와 코발트가 결합을 이루며 코발트계 포피린 촉매를 형성할 수 있다.

[0089] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전기촉매는, 과산화수소를 생성하는 것일 수 있다.

[0091] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 전기촉매는, 실리카로 코팅되는 것일 수 있다.

[0092] 일 실시예에 따르면, 전기촉매는, 실리카로 표면이 코팅되는 것으로서, 내구도 및 안정성이 향상될 수 있다.

[0093] 일 실시예에 따르면, 전기촉매는, 실리카로 표면 코팅된 이후, 열처리를 거치는 것일 수 있고, 기공도가 20% 내지 30%인 것일 수 있다.

[0094] 일 실시예에 따르면, 전기촉매에 열처리를 가하는 경우 전기촉매가 전기 전도도를 가지는 탄소층으로 변하고, 중심 금속 주변이 산소 환원에 활성을 가지는 형태로 변형이 일어날 수 있다.

[0096] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제1 촉매 및 상기 제2 촉매는, 분리막으로 분리되는 것이고, 상기 분리막은, 양이온 교환막, 음이온 교환막 및 양극성 분리막으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.

[0097] 일 실시예에 따르면, 분리막은, NAFION, FUMASEP 社의 Fumasep FAA-3-PK 및 양극성 분리막으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0098] 도 2는, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템의 개략도이다.

[0099] 도 2를 참조하면, 촉매 시스템(2)은, 산화 전극(200)(도 1의 산화 전극(100)), 제1 촉매(201)(도 1의 제1 촉매(101)), 환원 전극(210)(도 1의 환원 전극(110)), 제2 촉매(211)(도 1의 제2 촉매(111)) 및 제3 촉매(220)(도 1의 제3 촉매(120))를 포함할 수 있다.

[0100] 일 실시예에 따르면, 산화 전극(200) 및 환원 전극(210)은, 분리막(230)으로 분리되는 것일 수 있다.

[0101] 일 실시예에 따르면, 촉매 시스템 내에서 물의 산화반응 및 산소의 환원 반응은 독립적으로 수행되는 것이고, 이를 위해 제1 촉매(201)를 포함하는 산화 전극(200) 및 제2 촉매(211)를 포함하는 환원 전극(210), 각각은 독립적인 공간에서 위치하는 것이 바람직할 수 있다.

[0102] 일 실시예에 따르면, 제1 촉매(201) 및 제2 촉매(211)는 분리막(230)이 사이에 위치하는 것일 수 있고, 상기 분리막(230)은, 수소 이온 및 용매만을 통과시키는 것일 수 있다.

- [0104] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 촉매는, TS-1, TS-2 및 TI-MWW로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것일 수 있다.
- [0105] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매는, 반응 조건 상에서 반응물과 다른 상을 가지며, 지속적으로 반응할 수 있는 촉매인 것일 수 있다.
- [0106] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매는, 프로필렌 산화 반응이 수행되는 산화제인 것일 수 있다.
- [0108] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제3 촉매는, pH 5 이상에서 산화프로필렌 선택비가 98% 이상인 것일 수 있다.
- [0109] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매는 pH에 따라 산화프로필렌 생성 선택비가 상이한 것일 수 있다.
- [0110] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매는, pH 증가에 따라 산화프로필렌 생성 선택비가 증가하는 것일 수 있고, pH 5 이상에서 산화프로필렌의 선택비가 98% 이상인 것일 수 있다.
- [0111] 일 실시예에 따르면, 제3 촉매는, pH 3 내지 7에서 산화프로필렌의 생성 속도가 5 $\mu\text{mol/h}$ 이상인 것일 수 있다.
- [0113] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템을 이용한 산화프로필렌의 제조방법은, 제1 촉매가 표면에 형성된 산화 전극에서 물을 산화시키는 단계; 제2 촉매가 표면에 형성된 환원 전극에서 산소를 환원시키는 단계; 및 제3 촉매를 이용하여 산화프로필렌을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0114] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 촉매 시스템은, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템인 것일 수 있다.
- [0115] 일 실시예에 따르면, 상기 물을 산화시키는 단계, 상기 산소를 환원시키는 단계 및 상기 산화프로필렌을 형성하는 단계는, 순차적으로 수행되는 것일 수 있다.
- [0116] 도 3은, 본 발명의 일 실시예에 따른 촉매 시스템의 개략도이다.
- [0117] 도 3을 참조하면, 촉매 시스템(3)은, 산화 전극(300)(도 1의 산화 전극(100)), 제1 촉매(301)(도 1의 제1 촉매(101)), 환원 전극(310)(도 1의 환원 전극(110)), 제2 촉매(311)(도 1의 제2 촉매(111)) 및 제3 촉매(320)(도 1의 제3 촉매(120))를 포함할 수 있다.
- [0118] 일 실시예에 따르면, 촉매 시스템(3)은, 외부와 연결될 수 있는 파이프(340)가 존재할 수 있다. 파이프(340)를 통해 외부로부터 산소 및 프로필렌이 공급되는 것일 수 있다.
- [0120] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 산소를 환원시키는 단계는, 상기 제1 촉매에서 생성된 전자를 이용하여 상기 제2 촉매에서 과산화수소를 생성하는 것일 수 있다.
- [0122] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 산소를 환원시키는 단계는, 산소를 추가적으로 공급받아 수행되는 것일 수 있다.
- [0124] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 산화프로필렌을 형성하는 단계는, 상기 촉매 시스템의 외부에서 별도로 공급받은 프로필렌 및 상기 환원 전극에서 생성된 과산화수소를 반응시키는 것일 수 있다.
- [0125] 도 3을 참조하면, 외부 공급 파이프(340)를 통해 프로필렌을 공급받는 것일 수 있다. 제3 촉매에서의 반응은 하기 화학식 4에 따라 수행되는 것일 수 있다.

[0126] [화학식 4]

[0127] $C_3H_6 + H_2O_2 \rightarrow C_3H_6O + H_2O$

[0129] 이하, 실시예 및 비교예에 의하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0130] 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0132] 실시예

[0133] 물을 채운 용기 안에 나뉜 분리막을 설치하고, 일 영역에 이산화티타늄(TiO_2) 및 비스무스 바나데이트($BiVO_4$)가 접합된 제1 촉매를 표면에 결합한 산화 전극을 위치시켰다. 이 때, 산화 전극은 인산 코발트(cobalt(II) phosphate)를 포함할 수 있다.

[0134] 분리막의 반대 영역에는 코발트가 결합된 포스피린을 제2 촉매로서 표면에 결합한 환원 전극을 위치시켰다. 이 때, 환원 전극은 탄소나노튜브(carbon nano tube, CNT)를 포함할 수 있다.

[0135] 산화 전극 및 환원 전극은 분리막을 우회하여 전선을 통해 전기적으로 연결하였다. 또한, 티타늄 실리케이트(TS-1, titanium silicate-1)을 포함하는 제3 촉매를 용액 내에 위치시켰다.

[0137] 실험예

[0138] 실시예에 따른 촉매 시스템에 가시광선을 조사하였다. 프로필렌 및 산소를 추가적으로 공급하였으며, 용액의 pH를 제어하며 제3 촉매에서 생성되는 산화프로필렌의 생성 속도와 선택비를 측정하였다.

[0139] 도 4는 본 발명의 실험예에 따른 산화프로필렌의 생성 속도 및 선택비를 나타낸 그래프이다. 도 4에 따르면, 본 발명의 실험예에 따른 산화프로필렌의 생성 속도(실선으로 표시) 및 산화프로필렌의 선택비(막대 그래프로 표시)를 확인할 수 있다.

[0140] 도 4를 참조하면, pH 5 이상의 조건에서 산화프로필렌의 선택비는 98% 이상인 것을 확인할 수 있다.

[0141] 또한, pH 3내지 7의 조건에서 산화프로필렌의 생성 속도가 $5 \mu mol/h$ 이상으로 생성되는 것을 확인할 수 있다.

[0143] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0144] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0145] 1, 2, 3 : 촉매 시스템

100, 200, 300 : 산화 전극

101, 201, 301 : 제1 촉매

102, 202, 302 : 전선

110, 210, 310 : 환원 전극

111, 211, 311 : 제2 촉매

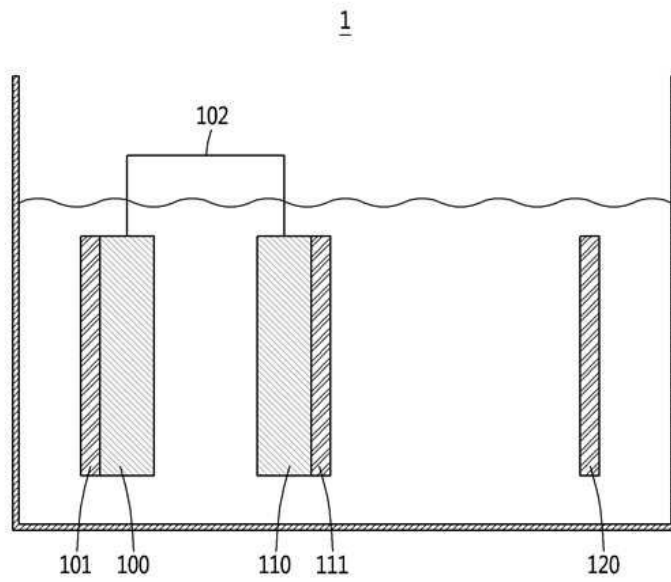
120, 220, 320 : 제3 촉매

230 : 분리막

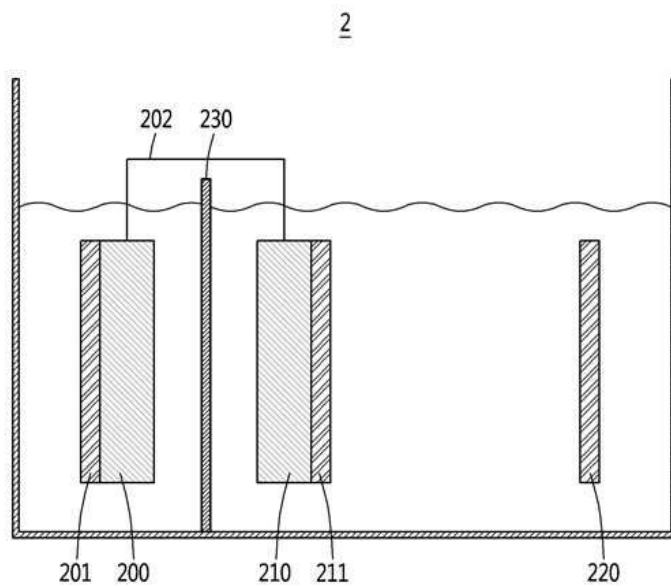
340 : 파이프

도면

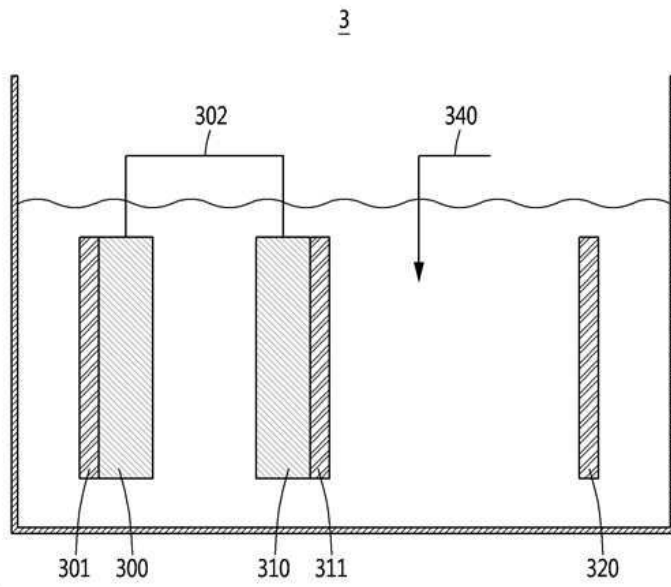
도면1



도면2



도면3



도면4

