



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0034111
(43) 공개일자 2024년03월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F25B 27/00 (2022.01) F25B 15/06 (2006.01)
H01M 6/36 (2015.01) H02J 7/00 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F25B 27/007 (2013.01)
F25B 15/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-0107707
(22) 출원일자 2023년08월17일
심사청구일자 2023년08월17일
- (30) 우선권주장
1020220112511 2022년09월06일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
- (72) 발명자
강용태
서울특별시 강남구 영동대로 22, 804동 1003호
김성곤
서울특별시 동작구 남부순환로255바길 4, 401호
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
백두진, 유광철, 김정연, 권성현, 강일신

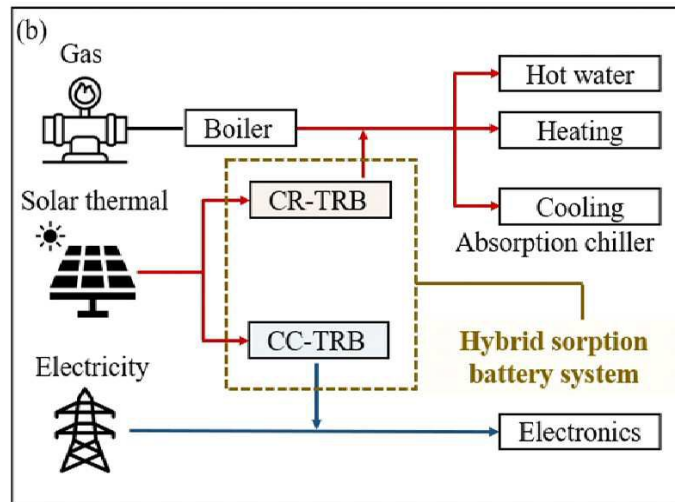
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템

(57) 요약

본 발명은 저온열원을 이용하여 열에너지를 생성하고, 생성된 열에너지를 외부에 공급하는 열에너지 관리 유닛; 및 상기 저온열원을 이용해 전기에너지를 생성하고, 생성된 전기에너지를 외부에 공급하는 전기에너지 관리 유닛을 포함하는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템을 개시한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01M 6/36 (2019.01)

H02J 7/00 (2023.08)

H02J 2310/12 (2020.01)

Y02E 10/40 (2020.08)

(72) 발명자

최형원

경기도 부천시 조마루로 278, 1326동 505호

고윤모

서울특별시 송파구 송파대로 567, 501동 808호

민하예

서울특별시 중구 다산로12길 29-1, 301호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711170457
과제번호	2020R1A5A1018153
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

저원열원을 이용하여 열에너지를 생성하고, 생성된 열에너지를 저장 또는 외부에 공급하는 열에너지 관리 유닛; 및

상기 저원열원을 이용해 전기에너지를 생성하고, 생성된 전기에너지를 저장 또는 외부에 공급하는 전기에너지 관리 유닛을 포함하는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 열에너지 관리 유닛은,

열에너지 충전 모드에서, 상기 저원열원을 열원으로 하여, 냉매를 포함하는 저농도 흡수액을 가열, 비등시켜 냉매증기와 고농도 흡수액으로 분리시키는 재생기; 및

상기 재생기에서 분리된 냉매증기를 응축시키는 응축기; 를 포함하고,

열에너지 방전전 모드에서,

상기 응축기에서 액화된 냉매액을 증발시키는 증발기; 및

상기 증발기에서 증발된 냉매증기를 상기 재생기에서 공급되는 흡수액에 흡수시키는 흡수기; 를 포함하는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 냉매와 상기 흡수액은 하기 쌍을 포함하는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

$H_2O + LiBr$, $NH_3 + H_2O$, $H_2O + [DMIM][DMP]$, $H_2O + [EMIM][DMP]$, $H_2O + [EMIM][BF_4]$, $R_{32} + [HMIM][Tf_2N]$

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 전기에너지 관리 유닛은,

상기 저원열원을 열원으로, 착화제가 결합된 구리이온의 불안정성을 유도하여, 착화제 용액과 구리 용액 및 고체 구리로 분리하는 상분리부;

상기 상분리부에서 분리된 상기 구리 용액 및 상기 고체 구리를 저장하는 저장부; 및

상기 구리 용액을 양극에 대입하고, 상기 고체 구리를 음극에 대입하여 전기 에너지를 발생하는 전기 에너지 발생부를 포함하는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 착화제 용액은 아세토니트릴 용액 및 암모니아 수용액이 혼합된 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 착화제 용액에서, 상기 아세토니트릴 용액과 상기 암모니아 수용액의 혼합비는 4:6 내지 8:2인 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 전기 에너지 발생부에서 전기 에너지를 발생하고 잔여의 상기 구리 용액 및 상기 고체 구리는, 상기 착화제 용액에 재 투입되어 재생되는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 저온열원의 열원은 80℃ 내지 100℃의 범위를 갖는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 에너지 자원 공급의 해외 의존도가 높은 우리나라는 배럴당 100달러가 넘는 초고유가 시기임에도 수입에너지의 소비는 감소되지 않고, 여전히 증가하고 있다. 이러한 실정을 감안해볼 때, 에너지 소비 분야 중 건물분야의 에너지 절약에 대한 기술개발과 적용은 매우 중요한 분야로 받아들여지고 있다. 즉, 산업이 발전함에 따라 건물의 수가 늘어나고 있으며, 각 건물은 냉난방 및 시설의 운영에 많은 에너지를 사용하고 있다. 건물에서 소비되는 에너지 사용량은 국내 전체 사용량 중 약 30 내지 50%를 차지하고 있으며, 해마다 늘어나고 있는 추세이다.

[0004] 특히, 건물에서의 효율적인 에너지 사용은 건물주의 경제적 측면과 국가 기간산업에도 직접적인 영향을 주는 중요한 요소로써, 이에 대한 기술개발 및 투자가 절실히 요구되고 있다.

[0005] 또한, 합리적이지 못한 에너지 사용은 건물 내 설비들의 비효율적인 운전 및 관리에도 연관성이 있다.

[0006] 이러한, 건물에서의 에너지 절약 방법으로는 건축 계획적 접근 방법과 에너지 사용기기 및 시스템의 운전 효율을 향상시키는 설비적 접근방법이 있다. 설비분야적 접근 방법에서는 적절한 환경을 창조하는 것과 동시에 에너지 소비량이나 환경보전을 고려한 효율적인 설비 시스템의 운용이 요구되고 있다.

[0007] 그리고, 건물 소유주 입장에서 건물의 에너지 소비량은 곧 금전적인 지출과 연계되므로 비효율적인 건물의 에너지 소비는 건물 소유주에게 상당한 금전적 부담을 준다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 건물에서 소비되는 에너지 사용을 효율적이고, 체계적으로 관리하기 위한 개선 방안이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 활용하기 어려운 단일 열원으로 열에너지 저장, 전기에너지 변환 및 저장을 동시에 수행할 수 있어, 기존 개별 에너지 저장 및 변환시스템과 차별화될 수 있는 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 실시예에 따른 저원열원저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템은 저원열원을 이용하여 열에너지를 생성하고, 생성된 열에너지를 외부에 공급하는 열에너지 관리 유닛; 및 상기 저원열원을 이용해 전기에너지를 생성하고, 생성된 전기에너지를 외부에 공급하는 전기에너지 관리 유닛을 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 열에너지 관리 유닛은, 열에너지 충전 모드에서, 상기 저원열원을 열원으로 하여, 냉매를 포함하는 저농도 흡수액을 가열, 비등시켜 냉매증기와 고농도 흡수액으로 분리시키는 재생기; 및 상기 재생기에서 분리된 냉매증기를 응축시키는 응축기를 포함하고, 열에너지 방전 모드에서, 상기 응축기에서 액화된 냉매액을 증발시키는 증발기; 및 상기 증발기에서 증발된 냉매증기를 상기 재생기에서 공급되는 흡수액에 흡수시키는 흡수기;를 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 냉매와 상기 흡수액은 하기 쌍을 포함할 수 있다.
- [0015] $H_2O + LiBr$, $NH_3 + H_2O$, $H_2O + [DMIM][DMP]$, $H_2O + [EMIM][DMP]$, $H_2O + [EMIM][BF_4]$, $R32 + [HMIM][Tf_2N]$
- [0017] 또한, 상기 전기에너지 관리 유닛은, 상기 저원열원을 열원으로, 착화제가 결합된 구리이온의 불안정성을 유도하여, 착화제 용액과 구리 용액 및 고체 구리로 분리하는 상분리부; 상기 상분리부에서 분리된 상기 구리 용액 및 상기 고체 구리를 저장하는 저장부; 및 상기 구리 용액을 양극에 대입하고, 상기 고체 구리를 음극에 대입하여 전기 에너지를 발생하는 전기 에너지 발생부를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 착화제 용액은 아세토니트릴 용액 및 암모니아 수용액이 혼합될 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 착화제 용액에서, 상기 아세토니트릴 용액과 상기 암모니아 수용액의 혼합비는 4:6 내지 8:2일 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 전기 에너지 발생부에서 전기 에너지를 발생하고 잔여의 상기 구리 용액 및 상기 고체 구리는, 상기 착화제 용액에 재 투입되어 재생될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 저원열원의 열원은 80℃ 내지 100℃의 범위를 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 단일 저온 열원을 받아 열 및 전기 에너지 부하에 모두 대응할 수 있으면, 시스템 구성이 간단하고, 효율적인 에너지 매니지먼트가 가능하다.
- [0024] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템을 개략적으로 나타낸 예시도이고,
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서, 열에너지 관리 유닛을 개략적으로 나타낸 예시도이고,
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서, 전기에너지 관리 유닛을 개략적으로 나타낸 예시도이고,
- 도 4 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 아세토니트릴, 암모니아 수용액의 비율에 따른 비열을 나타내고,
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 아세토니트릴, 암모니아 수용액의 비율에 따른 open-circuit potential을 나타내고,
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 아세토니트릴, 암모니아 수용액의 비율에 따른 열-전기 변환 효율을 나타내고,
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 열에너지 관리 유닛에 대한 작동선도를 나타내는 그래프이고,
- 도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 열에너지 관리 유닛에서, 착화제 용액에 따른 히트 플로우를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.
- [0028] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시 예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명 시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템을 개략적으로 나타낸 예시도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서, 열에너지 관리 유닛을 개략적으로 나타낸 예시도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서, 전기 에너지 관리 유닛을 개략적으로 나타낸 예시도이다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템(1000)은 기존의 건물의 에너지 관리 시스템에 적용 가능하며, 태양에너지를 포함하는 신재생에너지를 열의 형태로 하베스팅하고, 열을 저장하고, 일부는 열-전기 변환과 동시에 전기로 저장하여 각 요구처에 공급할 수 있다.
- [0031] 이를 통해, 기존의 건물 에너지 부하를 줄이고, 이를 신재생에너지를 통해 생산된 열 및 전기 에너지를 건물 에너지 부하의 일부로 충당할 수 있다.
- [0032] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 태양열에너지는 열원은 80℃ 내지 100℃의 범위를 갖는 저온 열원인 것으로 정의될 수 있다.
- [0033] 우선, 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템(1000)은 열에너지 관리 유닛(100)과 전기에너지 관리 유닛(200)을 포함할 수 있다.
- [0034] 도 1과 도 2를 함께 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 열에너지 관리 유닛(100)은 태양열을 열원으로 하여 열 에너지를 생산할 수 있으며, 이를 기존의 냉난방시스템(Boiler)과 열교환을 통해 냉방 에너지를 공급할 수

있다.

- [0035] 또한, 도시하지 않았지만 열에너지 관리 유닛(100)은 태양열 집열판 또는 태양광 수집장치(미도시)에 의해 태양열을 수집하여 열교환기(미도시)를 거쳐거나 또는 직접 축열조(미도시)에 태양에 의한 열에너지를 저장할 수 있다.
- [0036] 한편, 도 2를 참조하면, 열에너지 관리 유닛(100)은 열에너지 충전 모드와 열에너지 방전 모드로 기능할 수 있다.
- [0037] 열에너지 충전 모드(도 2의 상부)에서는 재생기(110), 응축기(120)로 기능하며, 재생기(110)의 "열원"으로 도시된 곳에 저온열원이 공급되면, 재생기(110) 내에 저농도 용액이 순환한다. 이때, 증류수(냉매)가 증발하여 응축기(120)로 이동 후, 응축되어 분리된다. 한편, 물이 재생된 고농도 용액(고농도 리튬브로마이드 수용액)은 재생기(110)에 머무른다.
- [0038] 또한, 열에너지 방전 모드(도 2의 하부)에서는 증발기(130), 흡수기(140)로 기능할 수 있다. 한편, 열에너지 충전 모드의 재생기(110)는 열에너지 방전 모드의 흡수기(140)로 기능하며, 열에너지 충전 모드의 응축기(120)는 열에너지 방전 모드의 증발기(130)로 기능할 수 있다.
- [0039] 열에너지 방전 모드에서는 열에너지가 필요한 경우에, 증발기(130)에서 물이 순환하고, 저압 측이므로 외부 냉각수(25 ℃ ~ 30 ℃)와 열교환하면 수증기(vapor water)로 증발한다. 이러한 저압의 물을 흡수기(140)로 공급하면 고농도 리튬브로마이드 수용액과 만나 흡수열이 생성되고, 이러한 흡수열이 열교환되면서 열에너지를 활용할 수 있게 된다.
- [0040] 구체적으로 열에너지 충전 모드에서 재생기(110)는 저온열원(일 예로 태양열)을 열원으로 하여, 냉매를 포함하는 저농도 흡수액을 가열, 비등시켜 냉매증기와 고농도 흡수액으로 분리시킬 수 있다.
- [0041] 여기서, 흡수액으로는 리튬브로마이드(LiBr)가 사용되고, 냉매는 증류수(H₂O)가 사용될 수 있다.
- [0042] 한편, 냉매와 흡수액은 하기 쌍을 포함할 수 있다.
- [0043] $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$, $\text{H}_2\text{O} + [\text{DMIM}][\text{DMP}]$, $\text{H}_2\text{O} + [\text{EMIM}][\text{DMP}]$, $\text{H}_2\text{O} + [\text{EMIM}][\text{BF}_4]$, $\text{R}_{32} + [\text{HMIM}][\text{Tf}_2\text{N}]$
- [0044] 응축기(120)는 재생기(110)에 연통되며, 재생기(110)에서 분리된 냉매증기를 냉각수와 열교환하여 응축시킬 수 있다.
- [0045] 또한, 열에너지 방전 모드에서, 증발기(130)는 응축기(120)에서 액화된 냉매액을 증발시킬 수 있다.
- [0046] 흡수기(140)는 증발기(130)에서 증발된 냉매증기를 흡수기(140)에서 공급되는 흡수액에 흡수시킬 수 있다.
- [0047] 즉, 열에너지 관리 유닛(100)은 태양열의 열에너지를 재생기(110)에 공급하여 흡수액-냉매(LiBr-H₂O)에서, 냉매를 재생하는 데 활용하여, 태양열의 열에너지를 충전할 수 있고, 냉매와 흡수액-냉매를 물리적으로 분리하여 화학적 포텐셜을 유지할 수 있어 이를 통해 태양열의 열에너지를 저장할 수 있다.
- [0048] 또한, 냉매와 흡수액-냉매 사이의 화학적 포텐셜 차를 이용한 열에너지 생산을 수행할 수 있다.
- [0049] 한편, 도 1과 도 3을 함께 참조하면, 전기에너지 관리 유닛(200)은 상분리부(210), 저장부(220) 및 전기 에너지 발생부(230)를 포함할 수 있다.
- [0050] 한편, 상술한 바와 같이, 전기에너지 관리 유닛(200)은 태양열을 집열하는 집열기(미도시)와 집열판에서 집열된 열에 의하여 가열된 물을 저장하는 축열조(미도시)를 더 포함할 수 있으며, 집열기(미도시)와 축열조(미도시)는 열에너지 관리 유닛(100)의 집열기와 축열조를 공용으로 사용할 수도 있다.
- [0051] 상분리부(210)에서는 태양열을 열원으로, 착화제가 결합된 구리이온의 불안정성을 유도하여, 착화제 용액과 구리 용액 및 고체 구리로 분리할 수 있다.
- [0052] 여기서, 착화제 용액은 아세토니트릴 용액 및 암모니아 수용액이 4:6 내지 8:2로 혼합된 것이 바람직하다.
- [0053] 여기서, 아세토니트릴 용액 및 암모니아 수용액의 혼합비가 8:2 초과 경우, 착화제와 구리이온의 결합을 분리할 수 있는 열에너지가 100℃를 초과하게 되어, 이러한 분리 반응을 진행하기 위해서는 태양열로 제공되는 저온 열원 이상에 추가적으로 별도의 열원이 공급되어 야하는 문제가 있으며, 이와 반대로, 아세토니트릴 용액 및 암모니아 수용액의 혼합비가 4:6 미만인 경우, 착화제와 구리이온의 결합을 분리할 수 있는 열에너지가 80℃ 미만으

로 되어, 이러한 반응이 불필요하게 발현될 수 있는 문제가 있다.

- [0054] 구체적으로, 도 4 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 아세트니트릴, 암모니아 수용액의 비율에 따른 비열을 나타내고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 아세트니트릴, 암모니아 수용액의 비율에 따른 open-circuit potential을 나타내고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 아세트니트릴, 암모니아 수용액의 비율에 따른 열-전기 변환 효율을 나타낸다.
- [0055] 우선, 도 5를 참조하면, 열원온도 90 oC에서 아세트니트릴 용액과 암모니아 수용액의 혼합비에 따른 비열 결과로 암모니아의 비율이 증가할수록 비열이 증가하는 경향을 보인다.
- [0056] 암모니아 수용액만을 첨가했을 시에는 3.96 J/g K이며, 아세트니트릴만을 첨가했을 시에는 2.36 J/g K를 나타낸다.
- [0057] 비열은 열-전기 변환 수식(다음의 [수학식 1])에서 Q_{sol} 값의 영향을 끼치며, 비열이 높을수록 효율이 떨어지는 모습을 보인다.
- [0058] 도 6을 참조하면, 아세트니트릴, 암모니아 수용액의 비율에 따른 open-circuit potential를 나타낸다.
- [0059] OCP(open-circuit potential)는 전류가 흐르지 않을 때의 양 극의 전위차를 나타내고, 최대 0.38 V, 최소 0.12 V의 값을 나타내며, 아세트니트릴의 비율이 증가할수록 OCP값이 감소하는 경향을 보임을 확인할 수 있다.
- [0060] 또한, 도 7을 참조하면, 조건 별 OCP와 비열 실험값을 기반으로 한 열-전기 변환 효율을 나타낸다.
- [0061] 암모니아 수용액: 아세트니트릴의 비율이 5:5일 때 최고 효율인 0.693%를 보이며, 전체적으로 아세트니트릴의 농도가 증가할수록 열-전기 변환 효율은 감소하는 경향을 보인다.
- [0062] 이는 아세트니트릴의 농도가 증가함에 따라 비열이 감소하여 변환 수식1의 분모의 값이 감소하여 효율이 증가하는 경향을 보이나, 분자 측인 전기에너지 값이 감소하기 때문에 전체적으로 효율이 감소하는 경향을 보이는 것을 확인할 수 있다.
- [0063] [수학식 1]

$$\eta = \frac{w_{elec}}{Q_{tot}} = \frac{nFE_{cell}C[Cu(I)(C.A)]^+}{(Q_{sol} + Q_{vap} + Q_{rxn})}$$

$$= \frac{nFE_{cell}C[Cu(I)(ACN)_4]^+}{\left(\Delta T \times C_p \times c_{tot} + \Delta H_{vap}^{C.A} \times C_{C.A} + \Delta H_{rxn}^{Cu(I)} \times C[Cu(I)(C.A)]^+\right)}$$

- [0064]
- [0065] 여기서, 수학식 1의 각 기호가 의미하는 바는 다음과 같다.
- [0066] Q_{sol} : heat the given volume of the solution to the hot temperature
- [0067] Q_{vap} : the heat required to evaporate the complexing agent
- [0068] Q_{rxn} : the heat required for disproportionation reaction
- [0069] c : concentration
- [0070] C.A: Complexing agent
- [0071] E_{cell} = cell voltage
- [0072] n = number of electrons in the electrochemical reactions ($n=1$)
- [0073] F = Faraday constant (96485 C/mol)
- [0074] C_p = heat capacity of the whole solution

[0075] $\Delta T = T_{\text{hot side}} - T_{\text{cold side}}$

[0076] $\Delta H_{\text{vap}} = \text{vaporization enthalpy}$

[0077] $\Delta H_{\text{rxn}} = \text{reactopm enthalpy}$

[0079] 또한, 아세토니트릴 용액은 아세토니트릴과 프로필렌 카보네이트의 수용액으로 구성될 수 있으며, 아세토니트릴 용액에서 아세토니트릴의 농도는 30%인 것이 바람직하며, 이를 통해 최적의 효율을 구현할 수 있다. 구체적으로, 아세토니트릴 농도가 30%보다 높은 경우, 끓는점이 낮아지지만, 구리와 아세토니트릴의 이온상태가 균일하게 분산되지 않는 문제가 있으며(구리가 안정화되지 않음), 이와 반대로 아세토니트릴 농도가 30%보다 낮은 경우, (Propylene carbonate 농도가 높은 경우), 분산 및 구리의 거동에는 유리하지만 재생온도가 올라가고, 구리의 비율이 낮아져 전기 생산 밀도도 낮아질 수 있다.

[0080] 또한, 암모니아 수용액은 암모니아와 증류수의 수용액으로 구성될 수 있으며, 암모니아 수용액에서 암모니아의 농도는 29%인 것이 바람직하면, 이를 통해 암모니아 수용액을 용액 상태로 유지할 수 있다. 구체적으로, 암모니아와 구리의 복합체형성으로 구리가 안정화되어 있으나, 암모니아 농도가 이보다 높아지면 상온에서 증기 상태가 된다.(29 wt% ammonia aqueous solution의 BP: ~37 °C)상분리부(210)에서는 1차로 태양열을 열원으로 구리이온이 포함된 수용액과 착화제가 분리될 수 있으며, 이후 2차로 구리이온이 포함된 수용액을 원심 분리하여 구리 용액과 슬러지 형태의 고체 구리로 분리할 수 있다.

[0081] 저장부(220)에서는 상분리부(210)에서 분리된 구리 용액 및 고체 구리를 임시적으로 분리하여 저장할 수 있다.

[0082] 전기 에너지 발생부(230)에서는 구리 용액을 양극에 대입하고, 고체 구리를 음극에 대입하여 산화/환원 반응을 통해 전기 에너지를 발생시킬 수 있다.

[0083] 구체적으로, 양극에서는 다음의 [반응식1]과 같은 반응이 수행되고, 음극에서는 다음의 [반응식2]와 같은 반응이 수행될 수 있으며, 각 전극에서 전기 흐름을 통해 전기 에너지를 생산할 수 있다.

[0084] [반응식 1]



[0085]

[0086] [반응식 2]



[0087]

[0088] 즉, 구리와 착화제의 혼합물은 Cu^{+} 의 상태를 유지하고, 안정화되어 있다. 이에 열에너지가 가해지면, 착화제가 증발함과 동시에 Cu^{2+} (수용액 상태) 및 고체 구리(Cu)로 전환된다. 분리된, Cu^{2+} 와 Cu를 전극에 넣으면, Cu^{2+} 는 전자를 하나 받아 Cu^{+} 로, Cu는 전자를 하나 빼앗겨 Cu가 된다(착화제를 이 과정에서 공급). 이러한 산화환원반응으로 전기가 생성된다.

[0089] 한편, 생산된 전기 에너지는 별도의 에너지 저장 시스템(ESS)에 저장되거나, 건물에서 각 사용처에 즉시 공급될 수도 있다.

[0090] 또한, 전기 에너지 발생부(230)에서 전기 에너지 생성에 사용된 구리 용액 및 고체 구리는 분리하여 착화제 용액에 재 투입되어, 구리-착화제 결합으로 재생될 수 있으며, 이후 태양열의 열원을 공급받아 상분리부(210)에서 착화제 용액과 구리 용액 및 고체 구리로 분리될 수 있다.

[0091] 전술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템(1000)은 열에너지 관리 유닛(100)과 전기에너지 관리 유닛(200) 두 유닛을 결합하여, 저온 열원(80°C 내지 100°C)으로 구동되는 열 에너지 및 전기에너지를 효과적으로 관리할 수 있다.

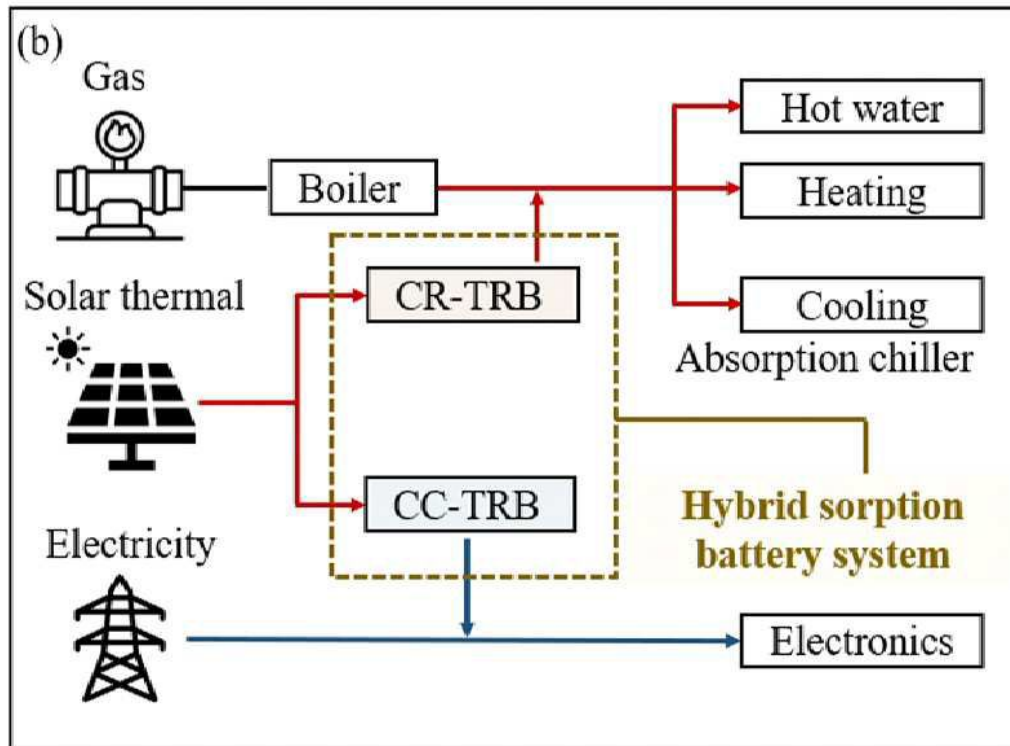
- [0093] [특성 평가]
- [0094] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 열에너지 관리 유닛에 대한 작동선도를 나타내는 그래프이고, 도 5 및 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템에서 열에너지 관리 유닛에서, 착화제 용액에 따른 히트 플로우를 나타내는 그래프이다.
- [0095] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템(1000) 중 열에너지 관리 유닛(100)을 해석한 결과, 45-70%로 선형적으로 도시된 부분은 이 시스템의 효율로(생산되는 열에너지)/(열저장을 위해 투입된 에너지)로 정의될 수 있다. 다른 초록색 라인은 이 시스템의 작동 선도를 나타내며, 작동 조건을 변경하였을 때 효율과 구동이 어떻게 되는지 나타내는 선도이다. 이를 기반으로 주어진 환경 (외기온도, 냉각수 온도 등)에 따라 최적 설계가 가능함을 확인할 수 있다.
- [0096] 또한, 도 5를 참조하면, 착화제로 28 wt% ammonia + 72 wt% water를 기본 유체(base fluid)로 하였을 때, 구리의 불안정화(destabilization) 온도를 측정하였다. 여기서, 불안정화 온도는 잠재 에너지(latent energy)로 열류(heat flow)가 피크를 보이는 지점이다. 도 5에서는 대략 50℃ 내지 60℃ 구간에서 분리가 일어나는 것을 확인할 수 있다.
- [0097] 또한, 도 6을 참조하면, 착화제로 30 wt% acetonitrile + 70 wt% propylene carbonate를 기본 유체(base fluid)로 하였을 때, 구리의 열류 데이터를 확인할 수 있다. 도 6에서는 대략 100℃ 내지 120℃ 구간에서 분리가 일어나는 것을 확인할 수 있다.
- [0098] 즉, 아세토니트릴 용액 및 암모니아 수용액을 최적의 비율(4:6 내지 8:2)로 혼합하여, 80℃ 내지 100℃의 범위에서 착화제 용액과 구리 용액 및 고체 구리로 분리할 수 있다.
- [0100] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 기술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

- [0102] 1000: 저온열원 구동 하이브리드 열에너지 및 전기에너지 관리 시스템
- 100: 열에너지 관리 유닛
- 110: 재생기
- 120: 응축기
- 130: 증발기
- 140: 흡수기
- 200: 전기에너지 관리 유닛
- 210: 상분리부
- 220: 저장부
- 230: 전기 에너지 발생부

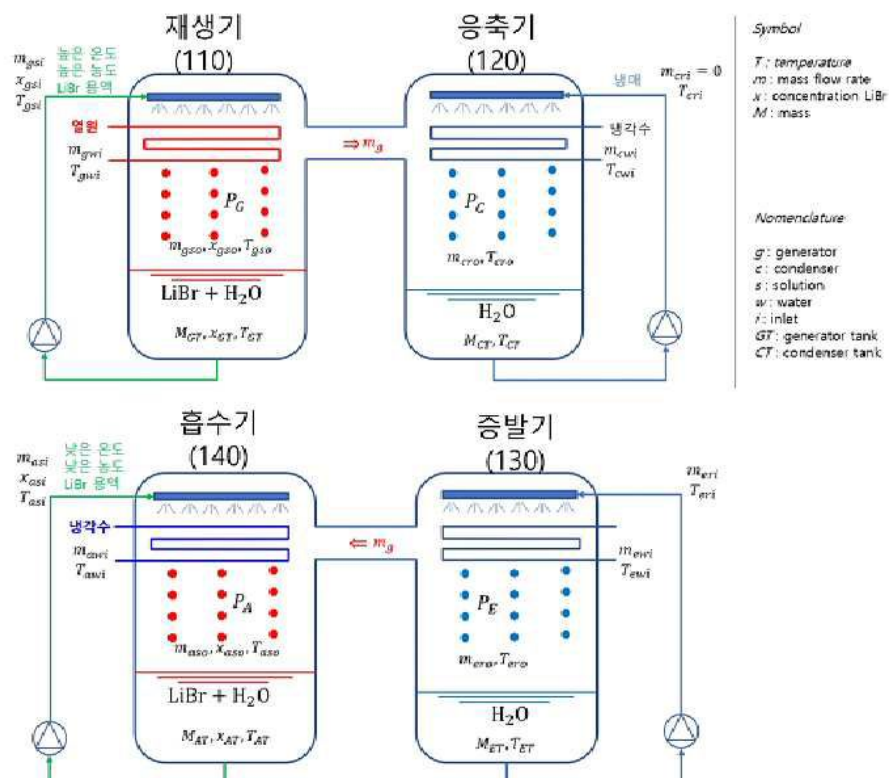
도면

도면1

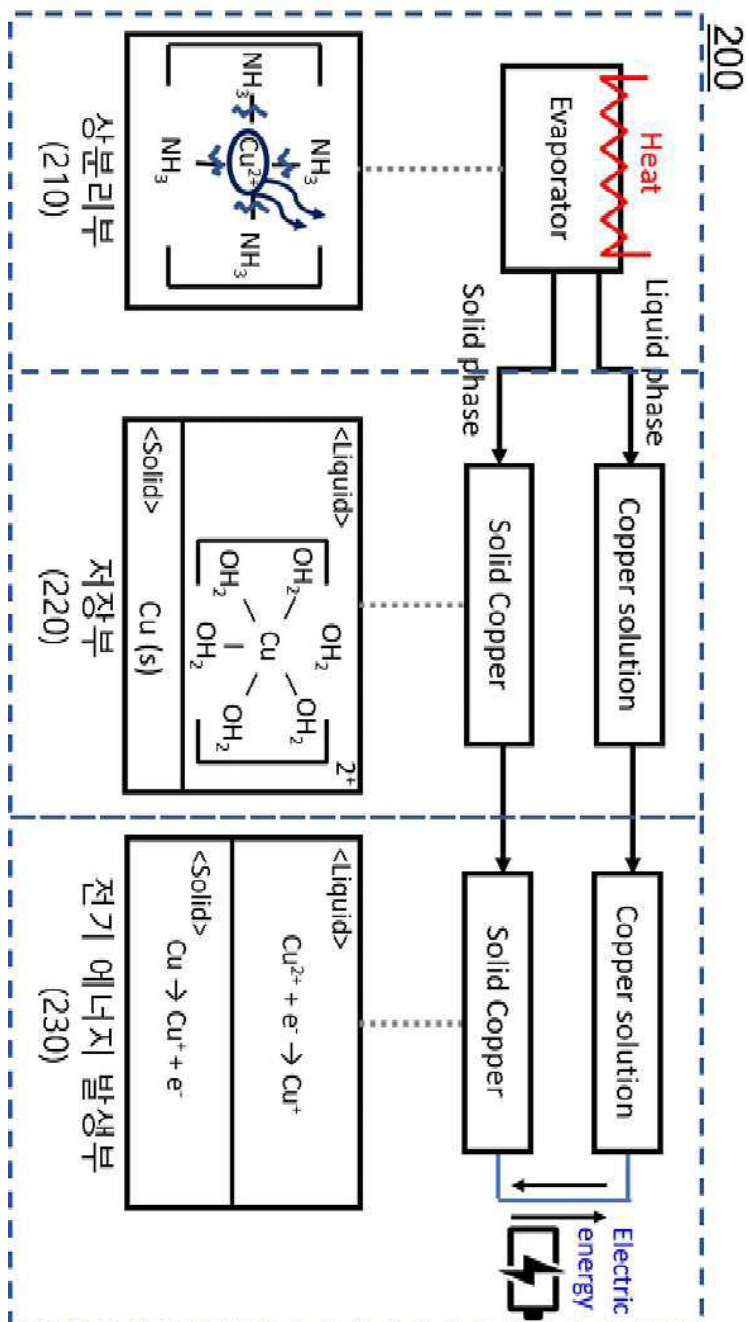


도면2

100

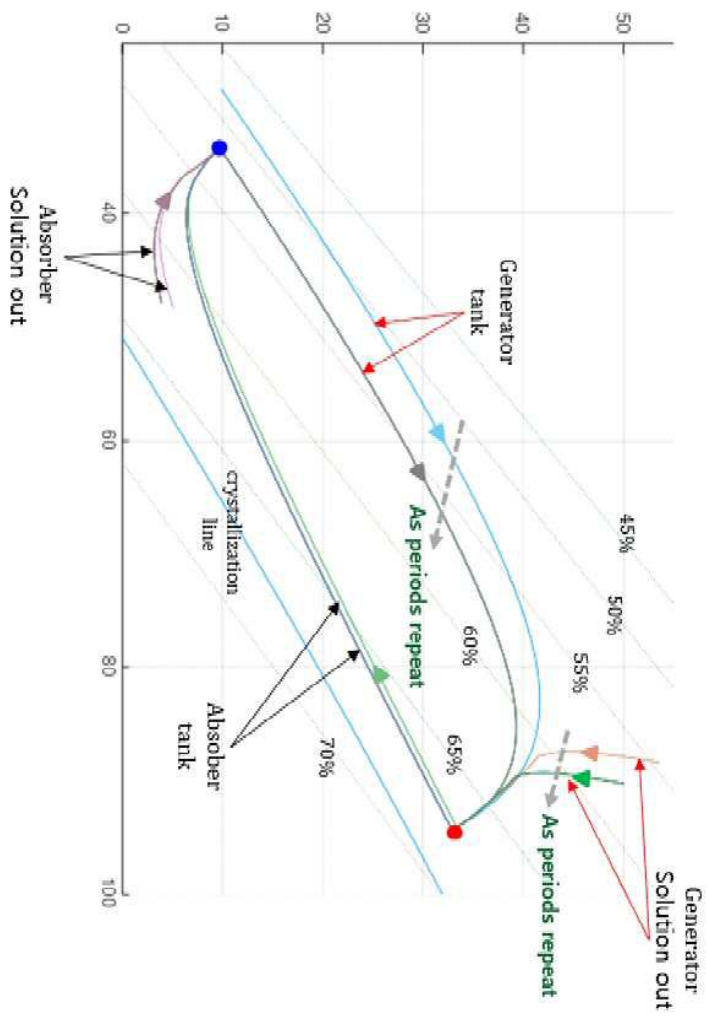


도면3

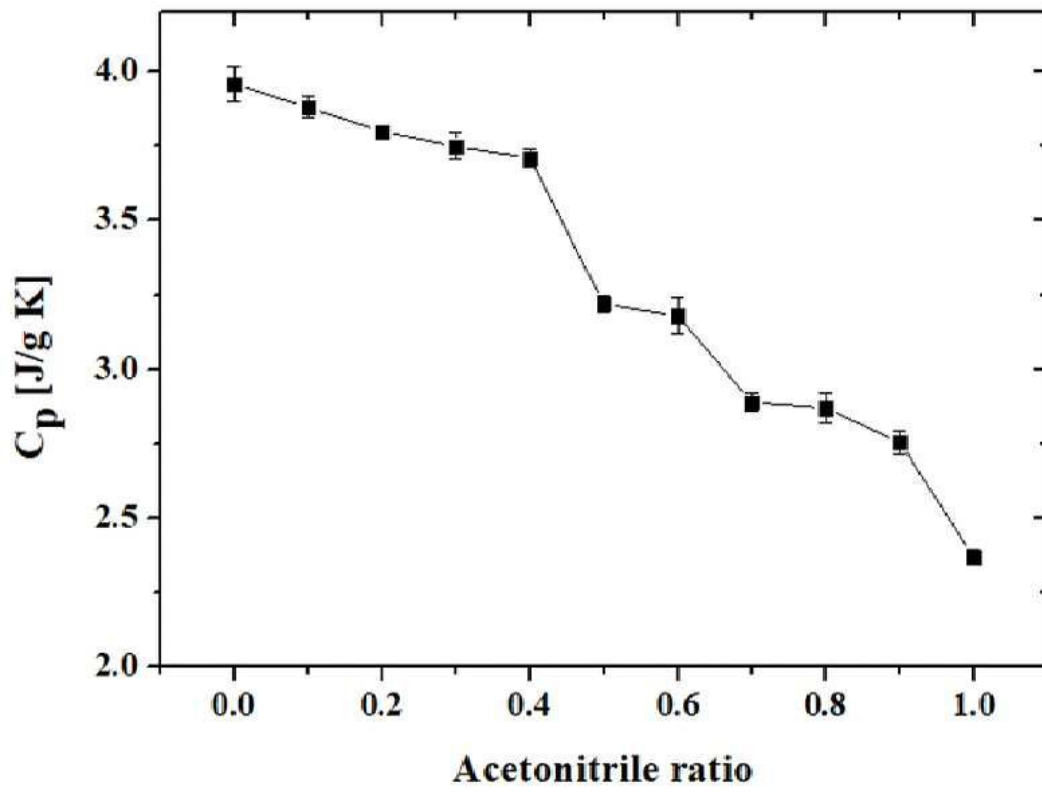


도면4

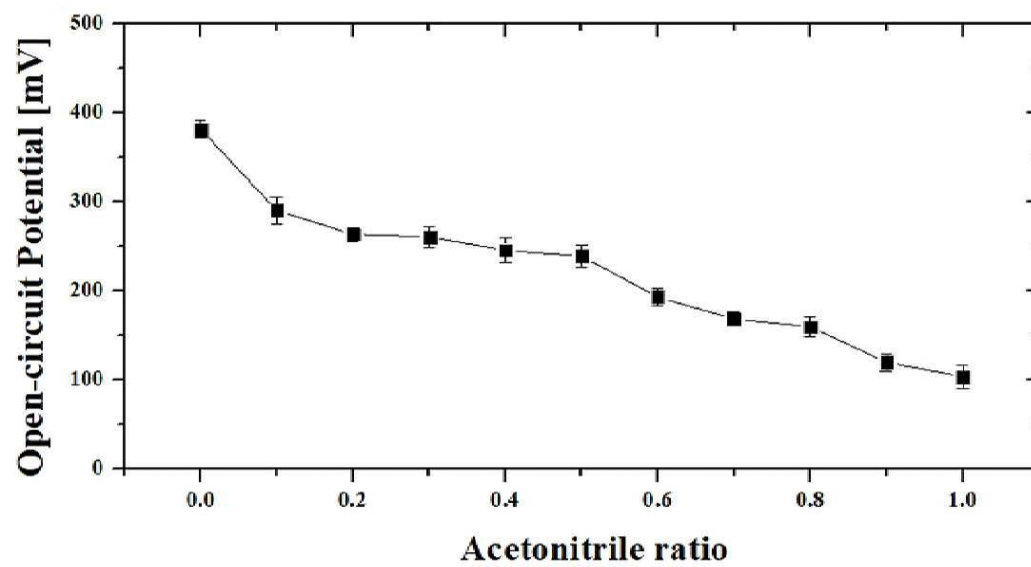
1. $NTU_{gen} = 1$
2. $T_{gwi} = 95$
3. $\frac{m_{gst}}{m_{gwi}} = 0.2$
4. $T_{cwi} = 32$



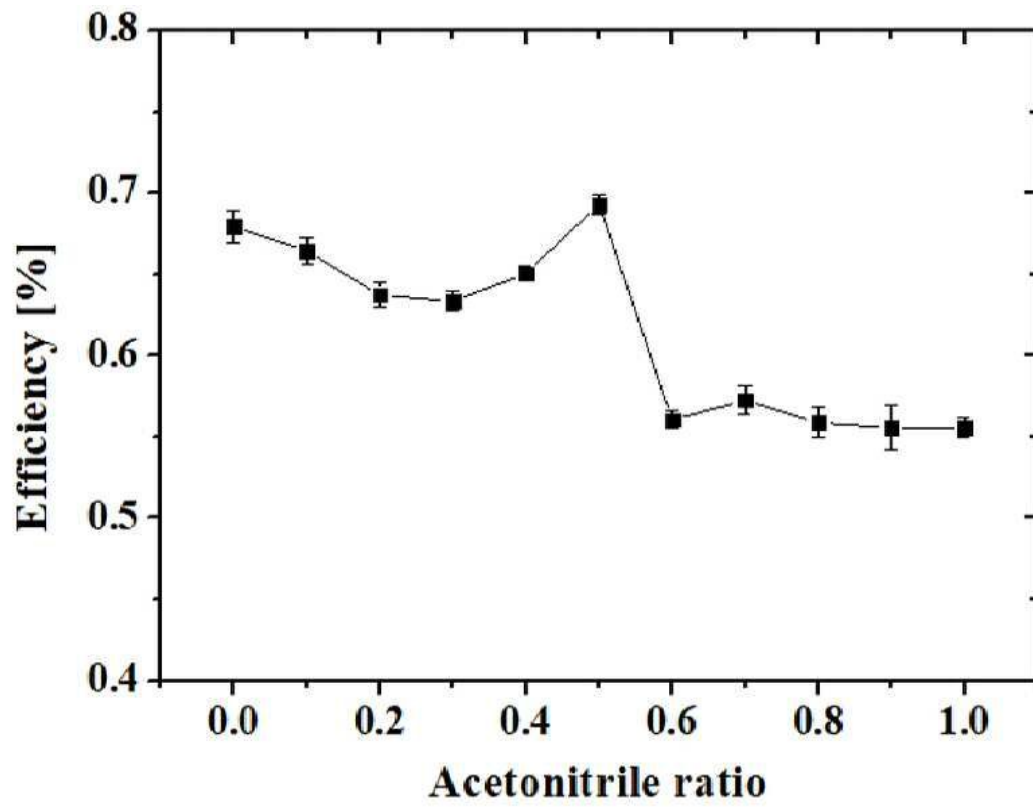
도면5



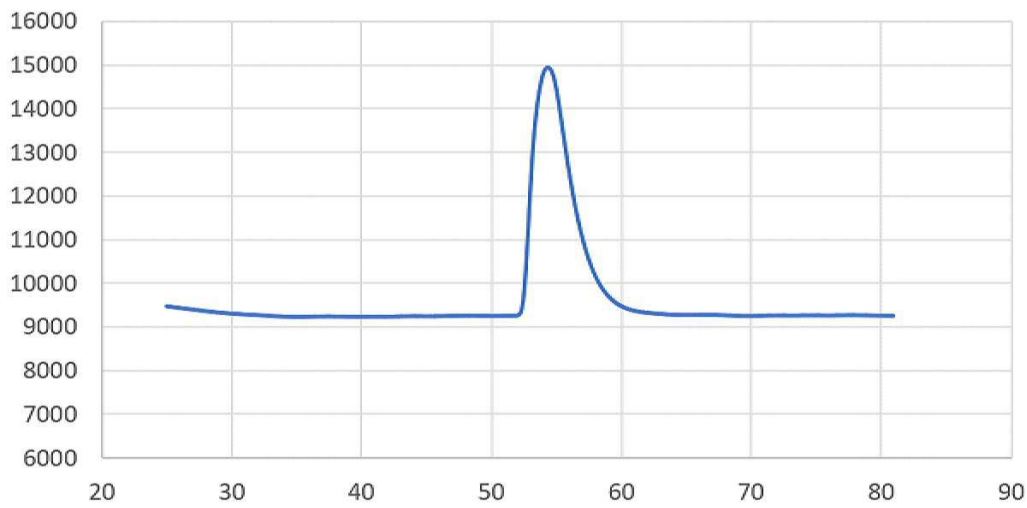
도면6



도면7



도면8



도면9

