



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0114389
(43) 공개일자 2024년07월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02S 40/22 (2014.01) H01L 31/052 (2014.01)
H02S 40/42 (2014.01)
(52) CPC특허분류
H02S 40/22 (2015.01)
H01L 31/02167 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0006446
(22) 출원일자 2023년01월17일
심사청구일자 2023년01월17일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암
동5가)
(72) 발명자
강용태
서울특별시 강남구 영동대로 22, 804동 1003호
김성곤
서울특별시 동작구 남부순환로255바길 4, 401호
(74) 대리인
특허법인시공

전체 청구항 수 : 총 8 항

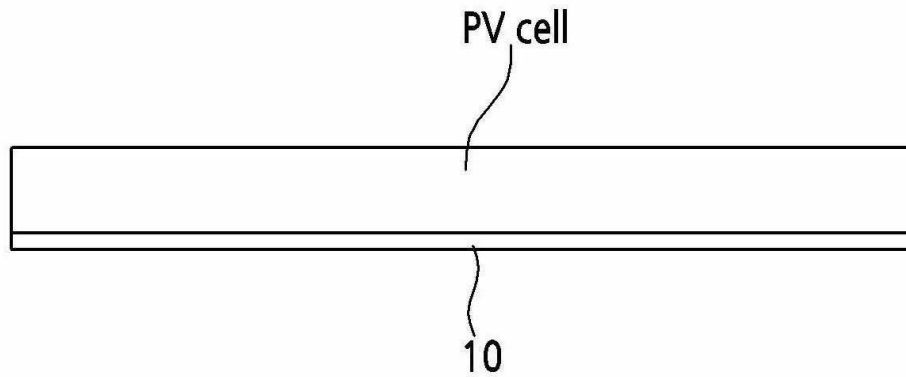
(54) 발명의 명칭 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널은 광전지; 및 상기 광전지의 후면층에 마련되며, 이산화탄소의 흡착과 탈착이 가능한 흡착층을 포함한다.

본 발명의 실시예에 따르면, 초기 구축비용이 낮고 유지보수가 필요하지 않고, 구동에 있어 에너지소모가 없는 동시에 흡착제의 대량 제조에 의한 경제성이 높으며, 냉각성능이 뛰어나 태양광 패널의 복사열로 인한 패널 온도 상승을 낮출 수 있어 태양광 패널의 수명 연장이 가능할 뿐만 아니라, 실내의 이산화탄소를 제거함으로써 건물 냉난방 부하를 저감할 수 있는 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 31/052 (2013.01)

H02S 40/42 (2015.01)

Y02E 10/50 (2020.08)

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

광전지; 및

상기 광전지의 후면측에 마련되며, 이산화탄소의 흡착과 탈착이 가능한 흡착층을 포함하는, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 흡착층은, 메조다공성 실리카, 제올라이트 및 금속유기골격체 중 적어도 어느 하나의 흡착제이거나, 이들의 조합을 포함하는, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 메조다공성 실리카는, SiO₂, SBA-15 및 MCM-41 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함하고,

상기 제올라이트는, zeolite 13X, zeolite 5A, zeolite 3A, SAPO-34 및 SSZ-14 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함하고,

상기 금속유기골격체는, MOF-5, MOF-74, MOF-99, MOF-177, MOF-235, MOF-253, IRMOF-1, IFMOF-16, UIO-66, UIO-67, UiO-68, MIL-53, MIL-88, MIL-100, MIL-101, LIC-1, ZIF-8, ZIF-90, Fe-BTC 및 Cu-BTC 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함하는, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 흡착층은, 아민기능화물질을 더 포함하고,

상기 아민기능화물질은, polyethylenimine (PEI), tetraethylene pentamine (TEPA), ^octadecyltrimethoxysilane (ODTMS), (3-Aminopropyl)trimethoxysilane (1-APTES), 3-(2-aminoethylamino)propyltrimethoxysilane (2-APTES), 3-[2-(2-aminoethylamino)ethylamino]propyltrimethoxysilane (3-APTES), monoethanolamine (MEA), Diethanolamine(DEA), Triethanolamine(TEA), methyl diethanolamine (MDEA), aminoethyl ethanolamine (AEEA) 및 diethylenetriamine (DETA) 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함하는, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 흡착층은, 상기 흡착제를 초음속 노즐로 분사시켜 코팅시킨, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 흡착층은, 상기 광전지에 대응되는 건물 내부에 구비되어, 상기 건물의 실내 이산화탄소의 포집이 가능한, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 흡착층에 구비되어, 실내 공기를 순환시키는 순환팬;을 더 포함하는, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 흡착층을 따라 구비되고, 상기 순환팬에 의해 실내 공기가 일방향으로 순환되도록 하는 순환덕트;를 더 포함하는, 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 전체 에너지 소비 중 건물 부문이 차지하는 비율이 30~50%로 가장 큰 수준이며, 이산화탄소 배출량도 상응하게 지배적이다. 건물 부문의 에너지 소비패턴을 개선하기 위해 제로에너지빌딩이 개발되었으며, 신재생에너지를 생산하여 건물 에너지 부하의 일부를 충당한다.
- [0004] 신재생에너지원 중 건물에 가장 많이 사용되는 것은 태양에너지이며, photovoltaic cell(PV cell)을 이용해 전기의 형태로 하베스팅(harvesting)한다. 대부분의 photovoltaic cell은 온도에 민감하여, 복사열로 인해 온도가 상승하면 효율이 급격하게 감소한다.
- [0005] 일정한 온도를 유지하고 안정적인 발전을 수행하기 위해 냉각장치들이 개발되었으며 대표적으로 공기 자연대류, 공기 강제대류, 액체 냉각, 상변화물질(PCM; phase change material), 히트 파이프, 열전냉각(Thermoelectric cooling)이 있다.
- [0006] 먼저, 공기 자연대류는 패널의 온도가 상승하면 밀도차로 인해 공기의 유동이 생겨 냉각되는 효과를 말한다. 냉각에 소모되는 에너지는 없으나 냉각효과가 미미한 단점이 있다.
- [0007] 공기 강제대류는 팬(fan) 등을 이용하여 공기를 순환시키는 것으로, 구동력(driving force)공급에 에너지가 소모되지만 자연대류보다는 냉각효과가 뛰어나다. 하지만 외기 온도에 민감한 단점이 있다.
- [0008] 또한, 액체 냉각은 액체를 PV 패널에 순환시켜 냉각하는 것으로 냉각성능이 가장 뛰어나지만, 에너지 소모가 크고 경제성이 낮다.
- [0009] 그리고, 상변화물질은 일정온도에서 상변화하는 물질을 PV 패널에 부착하고, 복사열이 상변화에 소모되기 때문에 패널의 온도상승을 저지하는 방법이다. 물질의 가격이 비싸고, 독성, 부식성, 인화화 같은 문제가 있다.
- [0010] 또한, 히트파이프는 가열되면 히트파이프 내에서 냉매가 대류하면서 잠열을 전달하는 것으로, 저렴하지만, 열전달 성능이 낮고 외기조건에 영향을 크게 받는 단점이 있다.
- [0011] 그리고, 열전냉각은 전기가 공급되면 온도차가 생기는 원리로 냉각하는 것으로, 구축비용과 에너지 소모가 크다

는 점에서 상용화되지 않는다.

- [0012] 태양광 패널의 효율을 향상시키려면 냉각유닛을 결합한 형태로 사용해야 한다. 그러나 상술한 종래 냉각기술은 효율적으로 열을 제거할 수 없거나 (공기 자연대류, 히트 파이프), 경제성이 낮다는 단점이 있다 (공기 강제대류, 액체 냉각, 상변화물질, 열전냉각).

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-2225804
(특허문헌 0002) 미국 공개특허 2022-0090869
(특허문헌 0003) 대한민국 공개특허 10-2022-0042540
(특허문헌 0004) 대한민국 등록특허 10-2032240

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 초기 구축비용이 낮고 유지보수가 필요하지 않고, 구동에 있어 에너지소모가 없는 동시에 흡착제의 대량 제조에 의한 경제성이 높으며, 냉각성능이 뛰어나 태양광 패널의 복사열로 인한 패널 온도 상승을 낮출 수 있어 태양광 패널의 수명 연장이 가능할 뿐만 아니라, 실내의 이산화탄소를 제거함으로써 건물 냉난방 부하를 저감할 수 있는 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0016] 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

- [0018] 본 발명의 실시예에 따른 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널은 광전지; 및 상기 광전지의 후면측에 마련되며, 이산화탄소의 흡착과 탈착이 가능한 흡착층을 포함한다.
- [0019] 또한, 상기 흡착층은, 메조다공성 실리카, 제올라이트 및 금속유기골격체 중 적어도 어느 하나의 흡착제이거나, 이들의 조합을 포함한다.
- [0020] 또한, 상기 메조다공성 실리카는, SiO₂, SBA-15 및 MCM-41 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함하고, 상기 제올라이트는, zeolite 13X, zeolite 5A, zeolite 3A, SAPO-34 및 SSZ-14 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함하고, 상기 금속유기골격체는, MOF-5, MOF-74, MOF-99, MOF-177, MOF-235, MOF-253, IRMOF-1, IFMOF-16, UIO-66, UIO-67, UiO-68, MIL-53, MIL-88, MIL-100, MIL-101, LIC-1, ZIF-8, ZIF-90, Fe-BTC 및 Cu-BTC 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함한다.
- [0021] 또한, 상기 흡착층은, 아민기능화물질을 더 포함하고, 상기 아민기능화물질은, polyethylenimine (PEI), tetraethylene pentamine (TEPA), γ -octadecyltrimethoxysilane (ODTMS), (3-Aminopropyl)trimethoxysilane (1-APTES), 3-(2-aminoethylamino)propyltrimethoxysilane (2-APTES), 3-[2-(2-aminoethylamino)ethylamino]propyltrimethoxysilane (3-APTES), monoethanolamine (MEA), Diethanolamine(DEA), Triethanolamine(TEA), methyl diethanolamine (MDEA), aminoethyl ethanolamine (AEEA) 및 diethylenetriamine (DETA) 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함한다.
- [0022] 또한, 상기 흡착층은, 상기 흡착제를 초음속 노즐로 분사시켜 코팅시킨다.
- [0023] 또한, 상기 흡착층은, 상기 광전지에 대응되는 건물 내부에 구비되어, 상기 건물의 실내 이산화탄소의 포집이

가능하다.

[0024] 또한, 상기 흡착층에 구비되어, 실내 공기를 순환시키는 순환팬;을 더 포함한다.

[0025] 또한, 상기 흡착층을 따라 구비되고, 상기 순환팬에 의해 실내 공기가 일방향으로 순환되도록 하는 순환덕트;를 더 포함한다.

발명의 효과

[0027] 본 발명의 실시예에 따르면, 초기 구축비용이 낮고 유지보수가 필요하지 않고, 구동에 있어 에너지소모가 없는 동시에 흡착제의 대량 제조에 의한 경제성이 높으며, 냉각성능이 뛰어나 태양광 패널의 복사열로 인한 패널 온도 상승을 낮출 수 있어 태양광 패널의 수명 연장이 가능할 뿐만 아니라, 실내의 이산화탄소를 제거함으로써 건물 냉난방 부하를 저감할 수 있는 가능하다.

[0028] 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

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널을 나타낸 측면 예시도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널에 이산화탄소의 흡착과 탈착이 이루어지는 상태를 나타낸 개략도이다.

도 3은 실험예 1에 따른 결과를 나타낸 그래프이다.

도 4는 실험예 2에 따른 결과를 나타낸 그래프이다.

도 5 내지 도 7은 실험예 3에 따른 결과를 나타낸 그래프이다.

도 8은 실험예 4에 따른 결과를 나타낸 주사전자현미경 이미지이다.

도 9는 실험예 5에 따른 결과를 나타낸 그래프이다.

도 10은 자연환기(NV), 열회수환기시스템(ERV), 실시예 3(CAS)에 따른 환기 방법을 나타낸 개략도이다.

도 11은 도 10의 환기 방법에 따른 실내 에너지 부하를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 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.

[0032] 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.

[0034] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널은 흡착층(10)을 포함할 수 있다.

[0035] 흡착층(10)은, 광전지(photovoltaic (PV) cell)의 후면측에 이산화탄소의 흡착과 탈착이 가능한 흡착층(10)을 코팅시킨 층일 수 있다.

- [0036] 여기서, 광전지는 건물일체형 태양광발전시스템(Building Integrated Photovoltaic, BIPV)에 사용될 수 있다.
- [0037] 즉, 건축물의 창호나 벽면, 발코니 및 지붕재 등 건축물의 외피를 광전지로 사용할 수 있다. 이때, 광전지의 전면측은 실외측에 마주하고, 광전지의 후면측은 실내측에 마주하도록 구비될 수 있다.
- [0038] 예를 들어, 본 발명의 패시브 냉각 장치는, BIPV에 사용되는 광전지의 후면측, 즉, 광전지의 후면전극에 구비될 수 있다. 그리고, 본 발명의 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널은, 건물의 실내에 구비될 수 있으며, 건물의 실내 이산화탄소를 포집할 수도 있다. 이때, 광전지는 건물의 외측에 구비될 수도 있다.
- [0039] 이에 대해 구체적으로 설명한다.
- [0040] 먼저, 광전지의 후면측에 이산화탄소를 흡착과 탈착 가능한 흡착제가 코팅된 흡착층(10)의 형성되어 있다. 이때, 흡착층(10)은 흡착제를 초음속 노즐로 분사시켜 코팅시킬 수 있다. 구체적으로 초음속 유동코팅(supersonic cold spray coating) 공법을 이용하여 120℃의 4 bar 조건에서 코팅 및 형성될 수 있다.
- [0041] 또한, 흡착층(10)은 초음속 유동코팅 기술 외에 펠렛화, PVA 등 바인더를 이용한 코팅 등을 포함하여 형성될 수 있다.
- [0042] 도 2의 (a)를 참조하면, 흡착층(10)은 이산화탄소가 모두 흡착되어 포화된 상태이다. 낮시간에 태양에너지가 광전지로 공급되면, 광전효과에 의해 전기가 생산되고, 복사열에 의해 온도가 상승한다. 지속적인 열에너지는 광전지의 온도를 상승하는데에 소모되는 것이 아니라, 흡착층(10)에서 이산화탄소가 탈착되는데에 잠열로 소모된다. 즉, 냉각효과가 발생한다.
- [0043] 도 2의 (b)를 참조하면, 밤시간에 태양에너지 공급이 중단되면 광전지의 온도가 20~25℃로 낮아진다. 이때, 빌딩 일체형 태양광 패널일 경우, 실내 온도와 열평형에 도달한다. 그리고, 낮시간에 이산화탄소는 흡착층(10)으로부터 모두 탈착된 상태이다. 그리고 실내 사람에 의해 발생된 이산화탄소는 흡착층(10)에 의해 흡착된다. 즉, 실내 이산화탄소를 제거하여 환기를 최소화할 수 있어, 건물에서 소모되는 냉난방 부하를 최소화할 수 있다.
- [0044] 상술한 바와 같이, 흡착층(10)을 형성시키는 흡착제는, 메조다공성 실리카, 제올라이트 및 금속유기골격체 중 적어도 어느 하나의 흡착제이거나, 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0045] 여기서, 메조다공성 실리카는, SiO₂, SBA-15 및 MCM-41 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0046] 또한, 제올라이트는, zeolite 13X, zeolite 5A, zeolite 3A, SAPO-34 및 SSZ-14 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0047] 그리고, 금속유기골격체는, MOF-5, MOF-74, MOF-99, MOF-177, MOF-235, MOF-253, IRMOF-1, IFMOF-16, UIO-66, UIO-67, UiO-68, MIL-53, MIL-88, MIL-100, MIL-101, LIC-1, ZIF-8, ZIF-90, Fe-BTC 및 Cu-BTC 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0048] 한편, 흡착층(10)은, 아민기능화물질을 더 포함할 수 있다.
- [0049] 아민기능화가 이루어지는 경우, 흡착층(10)의 성능 즉, 이산화탄소의 흡착이 개선될 수 있다.
- [0050] 이때, 아민기능화물질은, polyethylenimine (PEI), tetraethylene pentamine (TEPA), tadeacyltrimethoxysilane (ODTMS), (3-Aminopropyl)trimethoxysilane (1-APTES), 3-(2-aminoethylamino)propyltrimethoxysilane (2-APTES), 3-[2-(2-aminoethylamino)ethylamino]propyltrimethoxysilane (3-APTES), monoethanolamine (MEA), Diethanolamine(DEA), Triethanolamine(TEA), methyl diethanolamine (MDEA), aminoethyl ethanolamine (AEEA) 및 diethylenetriamine (DETA) 중 어느 하나이거나, 이들의 조합을 포함할 수 있다.
- [0051] 한편, 도 2의 (b) 및 도 10을 함께 참조하면, 본 발명의 태양광 패널 패시브 냉각 장치는, 순환팬(20) 및 순환덕트(30)를 더 포함할 수 있다.
- [0052] 순환팬(20)은, 흡착층(10)에 구비되어 실내 공기를 순환시킬 수 있다.
- [0053] 그리고, 순환덕트(30)는, 흡착층(10)을 따라 구비되고, 순환팬(20)에 의해 실내 공기가 일방향으로 순환되도록 할 수 있다.
- [0054] 이때, 순환팬(20)은, 흡착층(10)과 순환덕트(30) 사이에 구비될 수 있다.

- [0055] 예를 들어, 밤시간에는 실내에 생활하는 사람에 의해 이산화탄소가 자연발생하는 동시에 태양광 발전이 이루어지지 않는다. 그리고, 낮시간에는 태양광 발전으로 흡착층(10)에 포집된 이산화탄소가 탈착된 상태이다.
- [0056] 여기서, 밤시간에는 순환팬(20)을 작동시켜, 순환덕트(30)의 일측에서 타측으로 실내공기를 순환시킬 수 있다. 이때, 순환덕트(30)로 유입되는 실내공기는 이산화탄소가 포함되고, 이 이산화탄소가 순환덕트(30)를 따라 순환되며 흡착층(10)에 의해 포집될 수 있다. 즉, 실내공기에 포함된 이산화탄소를 포집함에 따라, 실내공기를 최소화할 수 있어 냉난방 부하 손실 최소화시킬 수 있을 뿐만 아니라, 흡착층(10)에서 이산화탄소의 포집에 의한 열교환으로 광전지로 추가 에너지의 생산이 가능할 수 있다.
- [0057] 반면, 낮시간에는 순환팬(20)을 중지시키고, 건물에 기 구비된 창문 또는 열회수환기시스템 등을 이용한 실내환기를 할 수 있다. 즉, 낮시간에는 밤시간 동안 흡착층(10)에 포집된 이산화탄소의 탈착과 실내에 생활하는 사람에 의한 이산화탄소 발생으로 실내 이산화탄소 농도가 높아질 수 있다.
- [0059] 이하, 본 발명의 패시브 냉각 장치를 포함하는 태양광 패널에 따른 실시예 및 실험예에 대해 설명한다.
- [0060] [실시예 1]
- [0061] 실시예 1은 아민기능화물질이 침투된 파우더 흡착제를 제조하였다.
- [0062] 먼저, 메조다공성 실리카는, SiO_2 , SBA-15 및 MCM-41을 준비하였다.
- [0063] 그리고, 마이크로 다공성 금속유기골격체는 Fe-BTC, Cu-BTC, MIL-53 및 ZIF-8을 준비하였다.
- [0064] 흡착제에 아민기능화를 수행하기 위하여 Polyethylenimine(PEI) with MW 1200의 아민기능화물질을 교반하여 PEI/ SiO_2 , PEI/SBA-15, PEI/MCM-41, PEI/Fe-BTC 및 PEI/Cu-BTC를 제조하되, 각각의 준비된 흡착제 별로 제조하였다.
- [0065] 아민기능화를 수행하기 위한 아민기능화 흡착제는 아래와 같이 제조하였다.
- [0066] 먼저, 메탄올 300mL에 5g의 흡착제를 첨가한 후, 2시간 동안 교반 및 초음파 분쇄를 수행하여, 입자를 분산시켰다.

수학식 1

- [0068]
$$[\text{PEI의 질량}] / [\text{PEI의 질량} + \text{흡착제의 질량}] = 0.67$$
- [0069] 그리고, [수학식 1]이 되도록 PEI를 첨가하고, 24시간 동안 교반하였다. 다음으로, toluene, ethanol, methanol을 이용하여 4번의 원심분리를 통해 불순물을 제거하였다.
- [0070] 또한, 대류형 오븐에서 50℃로 5시간 동안 유지하여 용매를 증발시킨 후, 진공 오븐에서 90℃ 및 진공 조건으로 24시간 유지하였다.
- [0071] 이와 같이, 아민기능화물질이 혼합된 아민기능화 흡착제를 제조하였다.
- [0073] [실시예 2]
- [0074] 실시예 2는, [DMF; N N-Dimethylformamide]에 2wt%의 PEI/MCM-41을 분산시켰다. 이때, 초음파분쇄 및 교반을 3시간 진행하였다.
- [0075] 그리고, 1wt% PAN을 콜로이드에 분산시키고, 이것을 실린지 펌프의 실린지에 넣고 초음속 노즐과 연결하였다. 120℃, 4 bar 조건에서 미리 준비한 광전지의 하부전극 측면에 분사하여 필름화한 흡착층(10)을 형성시켰다. 또한, 흡착층(10)이 형성된 후, 70℃의 진공 조건에서 전처리하였다.
- [0076] [실시예 3]

- [0077] 상술한 실시예 2와 같이, 흡착층(10)이 형성된 광전지를 건물에 구비하여 건물일체형 태양광발전시스템(Building Integrated Photovoltaic, BIPV)을 구현하였다. 이때, 흡착층(10)은 실내측에 위치한다.
- [0078] 그리고, 실시예 3의 광전지 조건은, 가로 1.69m, 세로 0.99m, 높이 35mm, 면적 1.6731㎡로, 320W 급 태양광모듈로 이루어진다.
- [0079] 또한, 실시예 3은, 흡착층(10)을 따라 실내공기가 유입되고, 배출될 수 있도록 순환덕트(30)와, 순환덕트(30)와 흡착층(10) 사이에 순환팬(20)을 구비하였다.
- [0081] [비교예 1]
- [0082] 비교예 1은, 상술한 실시예 1의 아민기능화 흡착제를 제조하기 위하여 사용한 SiO₂, SBA-15, MCM-41, Fe-BTC, Cu-BTC, MIL-53 및 ZIF-8이다.
- [0084] [실험예 1 - 흡착제의 이산화탄소 포집성능 평가]
- [0085] 실험예 1은 실시예 1 및 비교예 1의 흡착제에 대하여 이산화탄소 포집성능을 평가하였다.
- [0086] 먼저, 10mg의 실시예 1 및 비교예 1 각각의 흡착제를 TGA(열중량 분석기)의 오픈된 팬(pan)에 넣는다. 여기서, 오픈된 팬(pan)이란, 반응가스를 흘려보내면서 흡착을 시험하도록 구성되는 팬(pan)을 의미한다.
- [0087] 25℃에서 3분간 유지한 후, 25℃에서 120℃로 승온시켰다. 이때, 승온속도는 10℃/min으로 하였다. 120℃에서 3시간 동안 유지하면서 100ml/min의 유량속도로 N₂ gas를 주입하여 불순물을 흡착제로부터 탈착시켰다.
- [0088] 그리고, 120℃에서 25℃까지 10℃/min으로 온도를 낮추면서 100ml/min의 N₂ gas를 주입하였고, 25℃에서 10분간 유지하였다.
- [0089] 다음으로, 25℃에서 6시간 동안 2,000 ppm의 CO₂ 및 에어(air)를 흘려보내 흡착제의 질량 변화를 측정하였다. 이때, 변화한 질량은 CO₂ 흡착량과 같다.
- [0090] 실험예 1의 결과는 도 3과 같다.
- [0091] 도 3을 참조하면, PEI를 impregnation 시킨 메조다공성 실리카 SBA-15 및 MCM-41은 각각 1.76 mmol/g, 1.68 mmol/g으로, 비교예 1보다 높은 이산화탄소 포집 성능을 보이는 것으로 나타났다.
- [0093] [실험예 2 - 흡착제 냉각 성능 평가]
- [0094] 밀폐된 팬에서 실시예 1 및 비교예 1 각각의 흡착제를 25℃에서 80℃ 상승에 필요한 heat flow curve, 밀폐된 팬에서 사파이어(팬 재료)의 25℃에서 80℃ 상승에 필요한 heat flow curve 및 밀폐된 팬 자체의 25℃에서 80℃ 상승에 필요한 heat flow curve를 각각 얻었다. 이때, 밀폐된 팬의 무게는 동일하다. 여기서, 밀폐된 팬이란 산소 등과 같은 외부 가스와의 접촉을 차단하도록 구성되는 팬을 의미한다.
- 수학식 2**
- [0095] [실시예 1 및 비교예 1 각각의 흡착제+밀폐된 팬의 *heat flow curve*] - [밀폐된 팬의 *heat flow curve*]
- 수학식 3**
- [0096] [사파이어+밀폐된 팬의 *heat flow curve*]-[밀폐된 팬의 *heat flow curve*]
- [0097] 상기 [수학식 2] 및 [수학식 3]을 통해 heat flow curve를 계산하였다.

- [0098] 여기서, heat flow curve는, 시차주사열량계 (DSC, Differential Scanning Calorimeter)를 이용할 수 있다.
- [0099] 사파이어의 비열은 이미 공지되어 사파이어의 heat flow curve와 비열을 보정하여, 실시예 1 및 비교예 1 각각의 흡착제의 비열을 얻었다.
- [0100] 또한, 온도 상승에 따른 현열 변화 냉각효과는 하기 [수학식 4]를 통해 계산하였다.

수학식 4

- [0101] $[질량 * 비열 * 온도 변화(25 \sim 70^{\circ}C 변화)]$

수학식 5

- [0102] $[실시예 1 및 비교예 1 각각의 흡착제 + 오픈된 팬의 heat flow curve] - [오픈된 팬의 heat flow curve]$

- [0103] TGA 장비에서 [수학식 5]로 25℃에서 70℃로 가열 조건에 대해 계산하였다.
- [0104] 이 과정에서 실시예 1 및 비교예 1 각각의 흡착제의 비열을 빼주어 CO₂를 탈착하는데에 필요한 잠열을 계산하였다.
- [0105] 최종적으로 PV Cell의 온도 상승 구간인 25~70℃ 구간에 소모되는 잠열과 현열의 합으로 냉각에너지 밀도를 계산하였다.
- [0106] 그 결과, 온도 상승에 따른 실시예 1 및 비교예 1 각각의 흡착제의 냉각에너지 밀도는 도 4와 같이 나타났다.
- [0107] 일반 상변화물질의 잠열냉각 밀도가 100~250 J/g인 것을 고려하면, 실시예 1의 파우더 흡착제는 충분한 냉각효과를 보이는 것으로 판단할 수 있다. 특히, PEI/MCM-41는 잠열 냉각 밀도가 242.2 J/g로서, 다른 파우더 흡착제보다 최대로 나타났다.
- [0109] [실험예 3 - 흡착제 내구성 평가 1]
- [0110] 실험예 3은, 실시예 1의 PEI/SiO₂, PEI/SBA-15 및 PEI/MCM-41와, 비교예 1의 Fe-BTC 및 Cu-BTC에 대한 질량 변화를 테스트하였다.
- [0111] 각각의 상대습도(도 5의 x축)에서 3시간 30분 동안 유지하였을 때, 질량 변화를 측정하였다. 이때, 질량변화는 TGA를 이용할 수 있다.
- [0112] 도 5를 참조하면, PEI/SiO₂, PEI/SBA-15 및 PEI/MCM-41은 수분에 저항성이 높은 것으로 나타났다. 즉, 대기 중에서 수분으로부터 구조가 안정적으로 유지됨을 확인할 수 있다.
- [0114] [실험예 3 - 흡착제 내구성 평가 2]
- [0115] 실험예 3은, 실시예 1의 PEI/MCM-41에 대해 흡착과 탈착을 반복하되, 흡착은 상술한 실험예 1과 동일 조건으로 하여, 총 5회 반복하여 내구성을 확인하였다. 이때, 탈착은 70℃에서 수행하였다. 이는, 광전지의 온도 최고 상승은 70℃ 부근일 것으로 예상할 수 있다.
- [0116] 도 6을 참조하면, heat flow curve, 흡착과 탈착, 질량변화가 반복시에 유지됨을 확인할 수 있다.
- [0118] [실험예 3 - 흡착제 내구성 평가 3]
- [0119] 실험예 3은, 실시예 1의 PEI/MCM-41에 대한 열적 안정성을 테스트하였다.
- [0120] 도 7을 참조하면, 20~100℃의 온도변화 반복에 따른 구조적 변화를 관찰한 결과, 반복에 따른 heat flow curve

일정하게 유지되었기 때문에 내구성을 확인할 수 있다. 반대로, 반복된 실험에서 분해가 일어났다면 heat flow curve가 달라짐에 따라 내구성이 없는 것으로 확인할 수 있다.

[실험예 4]

실험예 4는, 실시예 1과 실시예 2에 대한 구조형상, 성분을 확인하였다.

구조형상은 주사전자현미경(SEM)의 이미지로 확인하였고, 성분은 EDS(에너지분산형 분광분석법)로 분석하였다. EDS는 단순히 표면성분을 검출하는 분석법이므로 비교적 표면에 분포하여 신뢰도가 높은 N의 변화를 확인한다.

도 8을 참조하면, 실시예 1과 실시예 2 즉, 파우더 흡착제(powder)와 흡착층(film)은 SEM 이미지 상 구조변화가 거의 없을 확인할 수 있으며, 성분에 있어서 N이 증가함을 확인할 수 있다.

[실험예 5]

실험예 5는, 실시예 1과 실시예 2에 대한 이산화탄소 흡착성능을 비교하였다.

도 9를 참조하면, 실시예 1의 파우더 흡착제(powder)와 실시예 2의 흡착층(film)은 이산화탄소 흡착성능에 변화가 없음을 확인할 수 있다. 이때, 흡착제는 PEI/MCM-41를 사용하였다.

[실험예 6]

실험예 6은 환기 방법에 따른 에너지 부하를 비교하였다. 환기 방법은 총 3가지로 이루어진다.

먼저, 도 10에 도시된 바와 같이, 자연환기(natural ventilation; NV)와, 열회수환기시스템(energy recovery ventilator; ERV) 및 실시예 3(CAS, CO₂ Adsorption System)으로 이루어진다.

이때, 자연환기는 시간당 0.5회 환기가 이루어지고, 열회수환기시스템은 시간당 0.5회 및 93.15CMH의 풍량으로 환기가 이루어진다. 또한, 실시예 3은 밀폐된 상태에서 이산화탄소의 흡착이 이루어진다.

조건은, 아래의 표들과 같다.

표 1

구분	x(가로)	y(세로)	h(높이)	A(면적)	V(부피)
값	9m	9m	2.3m	81cm ²	186.3cm ³

[표 1]은 실험예 6을 실험하기 위한 방 크기를 설정한 값을 나타낸다.

표 2

구분	건구(℃)	습구(℃)	절대습도(kg/kg)	상대습도(%)	엔탈피(kJ/kg)	밀도(kJ/m ³)
냉방(여름)	24	17	0.00091	48.9	47.29	1.181
난방(겨울)	22	13.7	0.0064	39.2	38.38	1.191

표 3

구분	건구(℃)	습구(℃)	절대습도(kg/kg)	상대습도(%)	엔탈피(kJ/kg)	밀도(kJ/m ³)
여름	35	24	0.014	39.6	71.11	1.136
겨울	2	0.4	0.0032	74	10.03	1.014

[표 2]는 실내 온습도 조건을 나타내고, [표 3]은 실외 온습도 조건을 나타낸다. 그리고, 자연환기(natural ventilation; NV)와, 열회수환기시스템(energy recovery ventilator; ERV) 및 실시예 3(CAS, CO₂ Adsorption System)에 의한 실내 에너지 부하를 계산하였다.

먼저, 자연환기와 열회수환기시스템에 대한 실내 에너지 부하를 살펴보면, 아래 [표 4] 및 [표 5]와 같다.

표 4

	kJ	kWh/day	kWh/month
냉방	2508.39	16.72	501.68
난방	2985.43	19.90	597.09

표 5

	전열(%)	kWh/month
냉방	60	200.67
난방	75	149.27

즉, 도 11을 참조하면, 자연환기보다 열회수환기시스템이 냉방 및 난방 부하를 각각 60%, 75% 저감할 수 있음을 확인할 수 있다. 또한, 실시예 3은 환기가 이루어지지 않는 밀폐된 상황에서, 이산화탄소의 흡착이 이루어진다.

이때, [표 1]과 같은 면적에 재실 인원을 3명으로 산정하고 재실 시간을 10시간으로 산정하였을 때, 배출되는 일간 총 CO₂ 배출량은 [표 6]과 같고, 이산화탄소의 포집 필요에 따른 이산화탄소 양을 알아보면 [표 7]과 같다. 또한, 실시예 3에 따른 광전지 쿨링(cooling) 설계점으로 320W 급 태양열 패널 조건은 [표 8]과 같다.

표 6

인원	밤 거주 시간(h/day)	CO ₂ 배출량(kg/day)	총 CO ₂ 배출량(kg)
3명	10	0.93	1.1625

표 7

초기 CO ₂ (ppm)	기준 CO ₂ (ppm)	초기 CO ₂ (g)	상승 CO ₂ (g)	기준 CO ₂ (g)	제거 CO ₂
413.2	800	150.879154	1313.37915	292.1184	1.0212608

[표 7]에서 초기 CO₂는 외부의 평균 CO₂ 농도를 의미하고, 기준 CO₂는 건축설비법상 실내의 적정 CO₂ 농도를 의미한다. [표 6]의 CO₂ 총 배출량을 고려했을 때, [표 1]과 같은 부피에서 기준 CO₂[ppm]의 농도를 유지하기 위해서 제거해야 하는 CO₂의 양을 확인할 수 있다.

표 8

가로(m)	세로(m)	높이(mm)	면적(m ²)	t_ads(mm)	밀도(kg/m ³)	m_ads(kg)
1.69	0.99	35	1.6731	30	145	7.277985

[표 8]은 상용화 되어 있는 320W급의 PV cell의 조건을 나타낸 것이다. 이때, t_{ads}는 코팅층의 두께를 의미하고, m_{ads}는 이를 기반으로 한 흡착제의 총 질량을 의미한다. [표 6], [표 7], [표 8] 및 도 11을 참조하면, 실시예 3(CAS)의 경우에는 냉방 및 난방부하가 발생하지 않고, 오히려 전기 생산이 이루어짐을 확인할 수 있다.

이에 따라, 초기 구축비용이 낮고 유지보수가 필요하지 않고, 구동에 있어 에너지소모가 없는 동시에 냉각성능이 뛰어나 태양광 패널의 복사열로 인한 패널 온도 상승을 낮출 수 있어 태양광 패널의 수명 연장이 가능한 태양광 패널 패시브 냉각 장치를 제공할 수 있다. 게다가, 실내의 이산화탄소를 제거함으로써 건물 냉난방 부하를 저감할 수 있다.

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 또

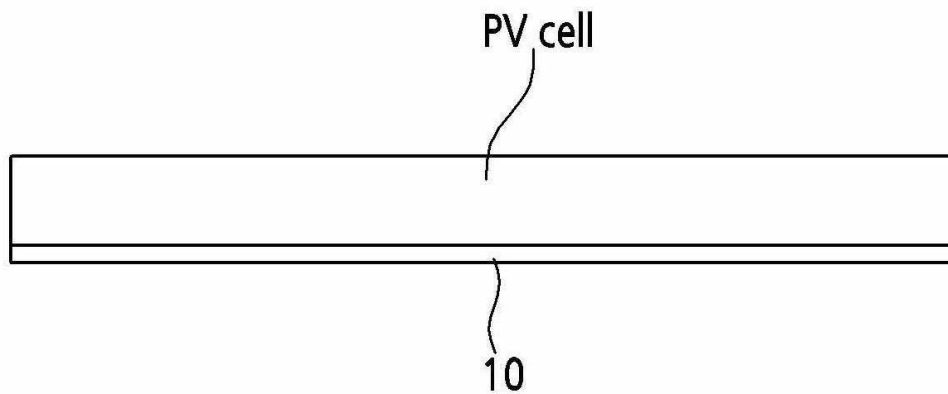
는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

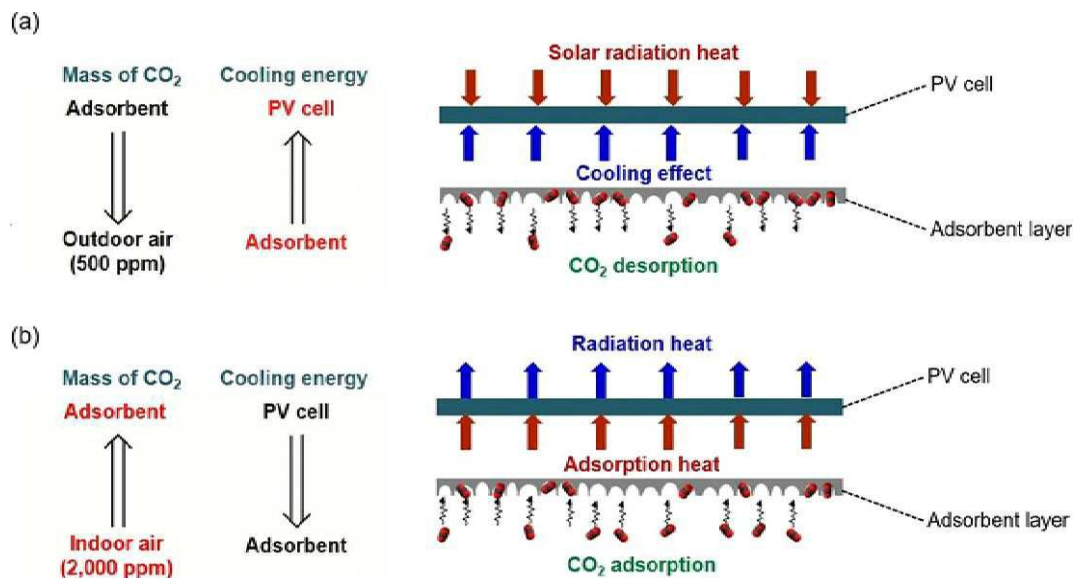
10 : 흡착층
20 : 순환팬
30 : 순환덕트

도면

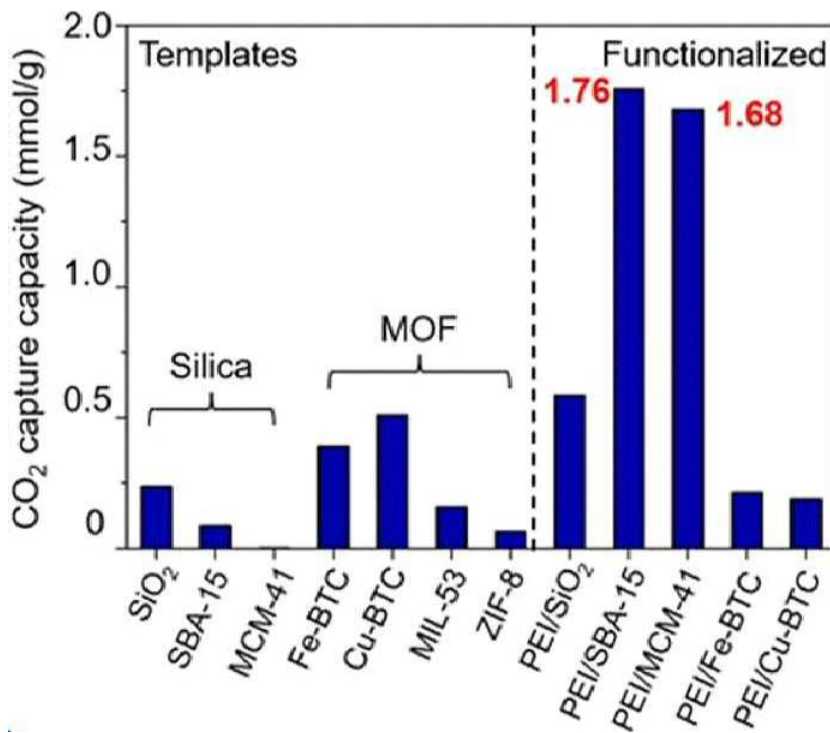
도면1



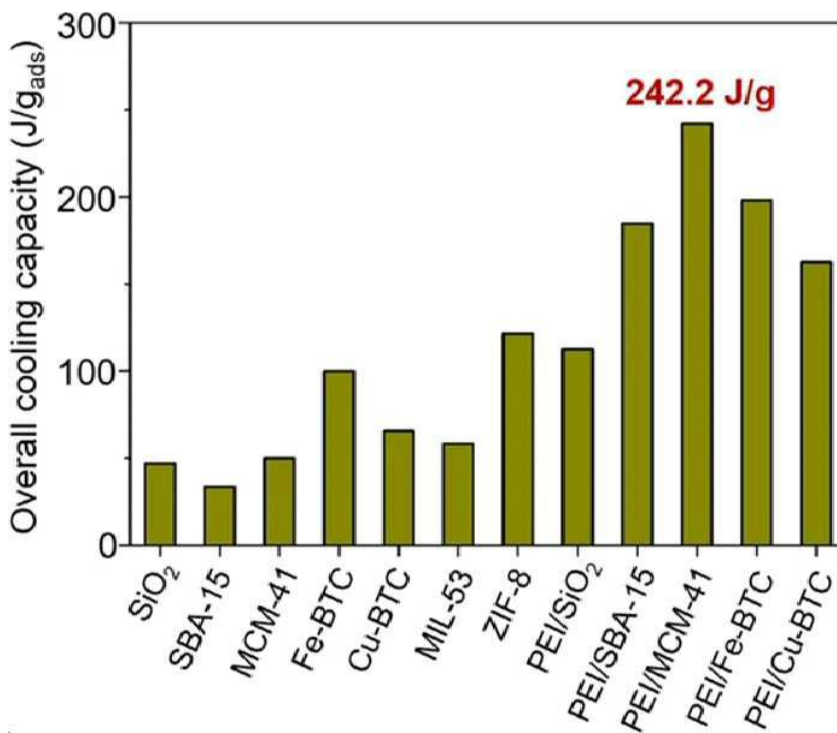
도면2



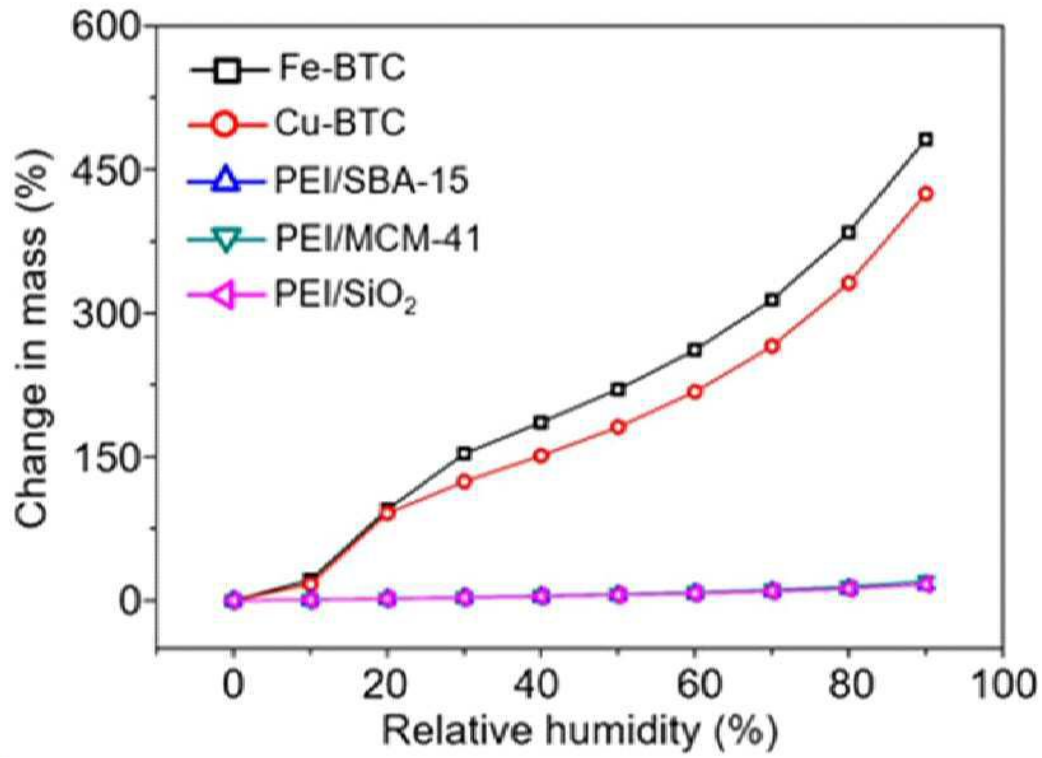
도면3



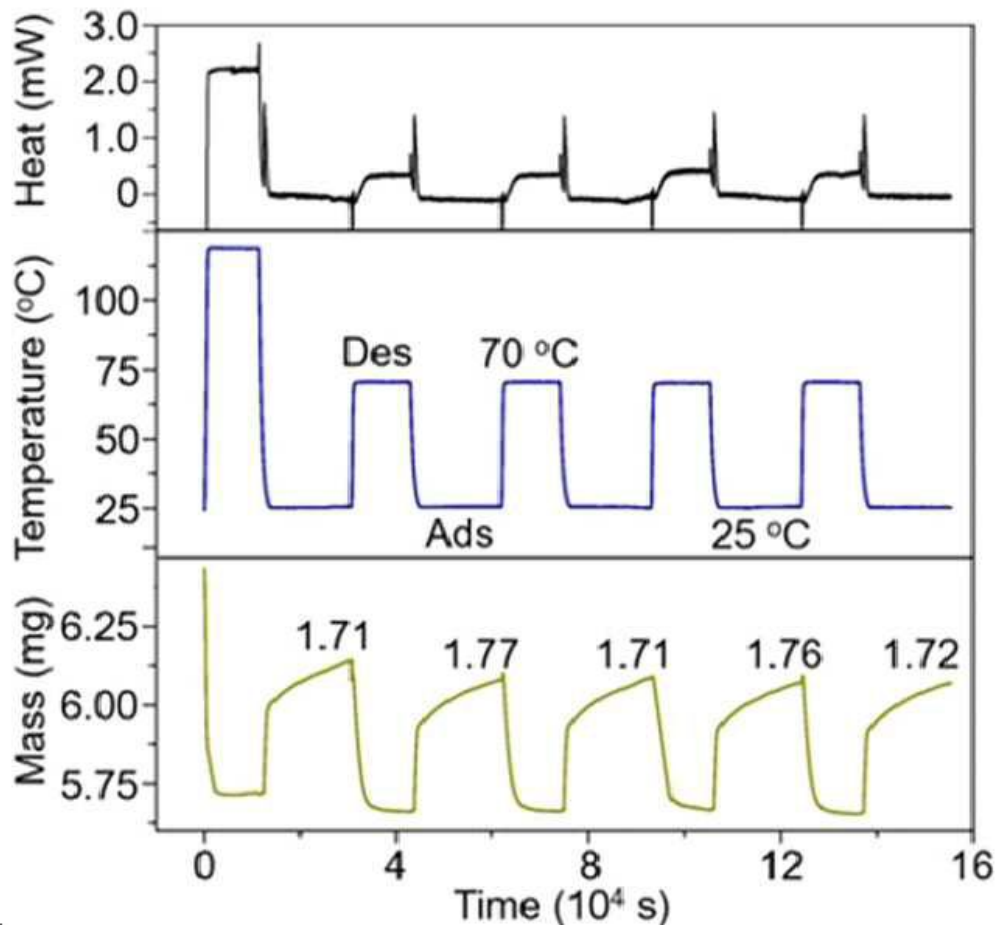
도면4



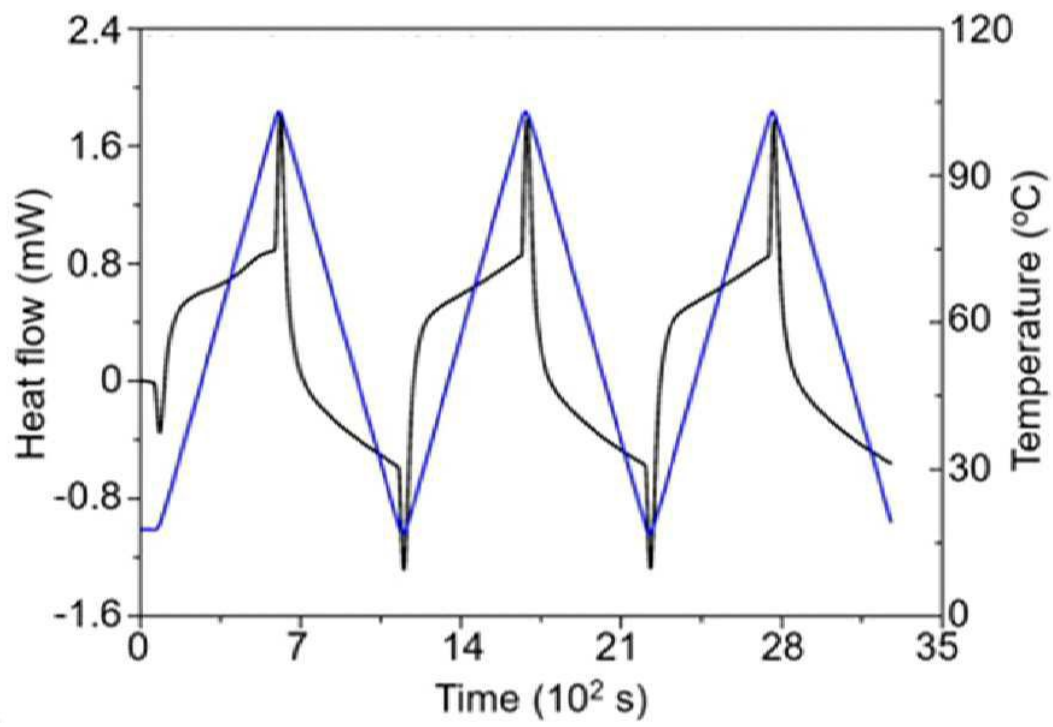
도면5



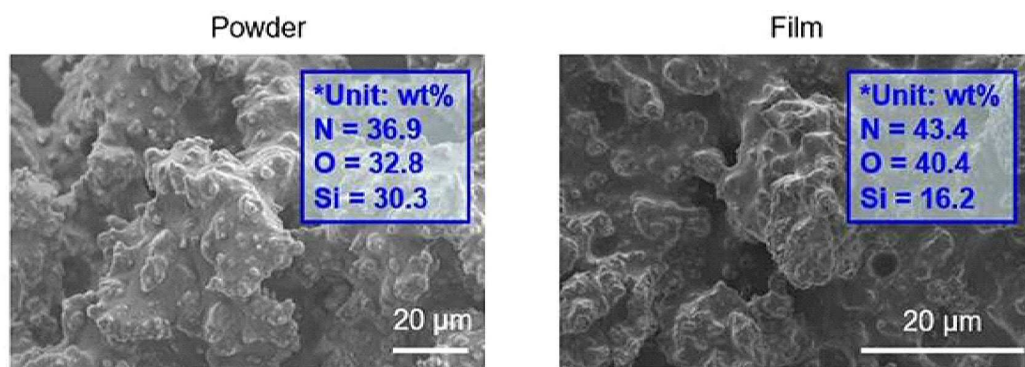
도면6



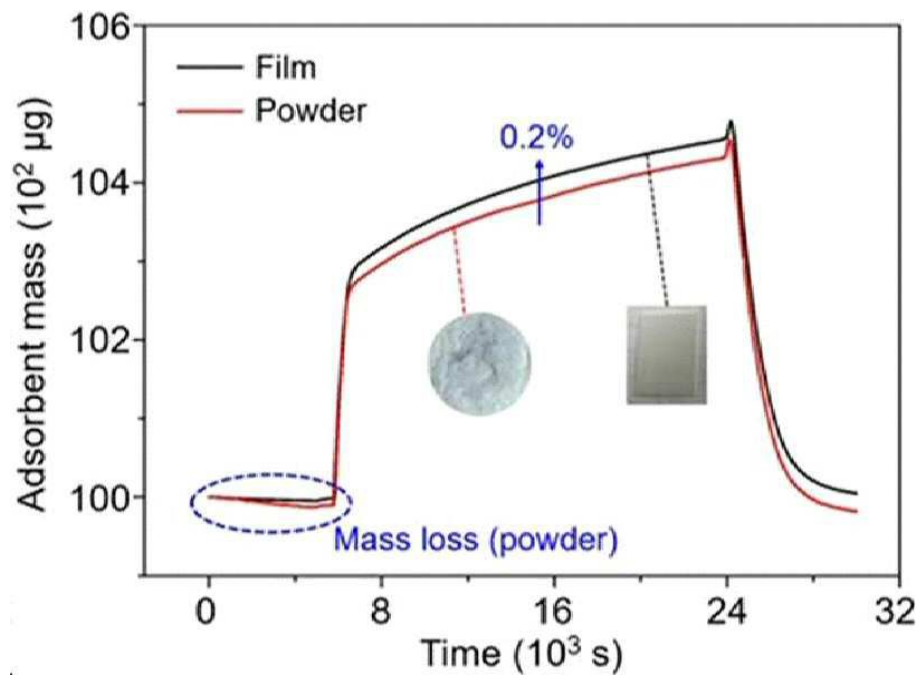
도면7



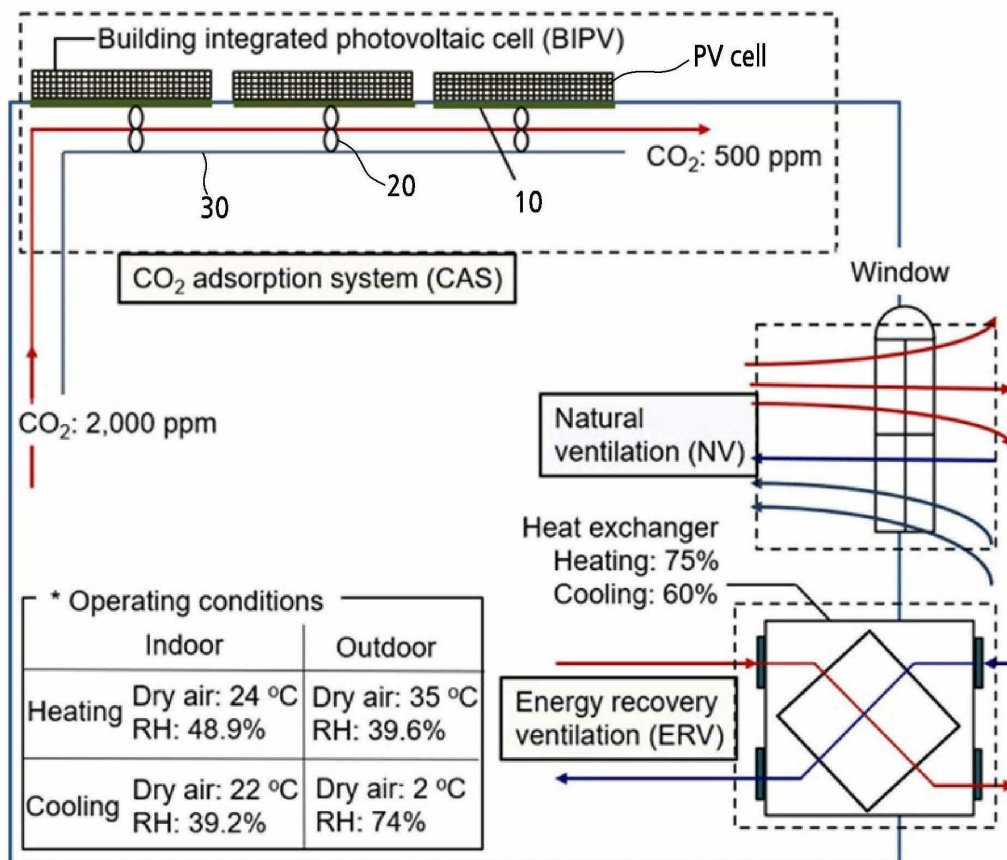
도면8



도면9



도면10



도면11

