(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0138258
(43) 공개일자 2024년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 3/20 (2006.01) *H02N 1/04* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 3/20 (2013.01)
H02N 1/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0031740
(22) 출원일자 2023년03월10일
심사청구일자 2023년03월10일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
포항공과대학교 산학협력단
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)
(72) 발명자
최동휘
경기 화성시 동탄대로1길 66 2844동 1803호
김동성
경북 포항시 남구 지곡로 155 (지곡동, 교수아파트) 5동 604호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

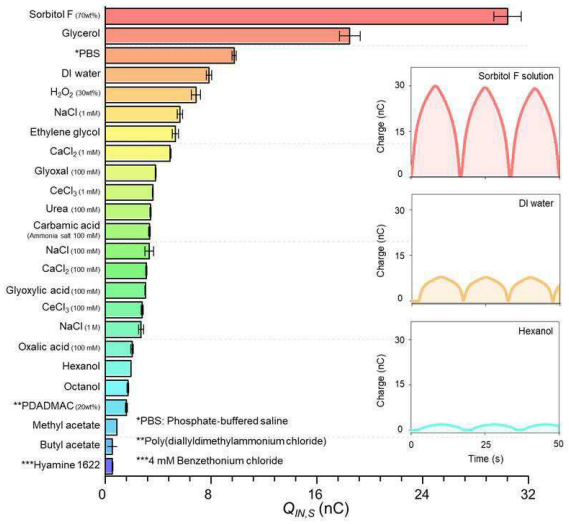
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **접촉 마찰대전 증진 액체 조성물 및 이를 이용한 액적 기반 에너지 하베스팅 소자**

(57) 요 약

본 발명은 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물에 관한 것으로, 보다 상세하게는 고체와 표면접촉되어 접촉대전을 발생시키는 액체조성물로서, 용매에 수소결합 공여체를 갖는 용질이 용해된 것을 특징으로 하는 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2a



(72) 발명자

유동현

서울 송파구 오금로 551 (거여동, e편한세상 송파 파크센트럴) 210동 1002호

장순민

경기도 광명시 모세로 27 827동 104호(철산동 철산8단지주공아파트)

조수민

경상남도 창원시 의창구 사림로137번길 13 - 9 (사림동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711158999
과제번호	2022R1C1C1008831
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	우수신진연구
연구과제명	적응형 하이브리드 바람 에너지 하베스팅 기술 기반 에너지 자립형 원격 환경 모니터링시스템개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2026.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711142297
과제번호	2020R1A2B5B03002154
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견후속연구
연구과제명	조직 특이적 하이드로젤 멤브레인 및 동적 기계자극 시스템 기반 복합 자극 환경줄 기세포유래 조직 장벽 모델 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	포항공과대학
연구기간	2020.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711158737
과제번호	2019M3A9H1103769
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	줄기세포기반융복합원천기술개발
연구과제명	표준화된 신장 오가노이드 대량 배양 플랫폼 개발 및 정상/질환 신장 오가노이드 기반약물독성/유효성 평가 플랫폼 구
기 여 율	1/3
과제수행기관명	포항공과대학교
연구기간	2019.10.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

고체와 표면접촉되어 마찰전기를 발생시키는 액체조성물로서,

용매에 수소결합 공여체를 갖는 용질이 용해된 것을 특징으로 하는 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 용매는 극성용매인 것을 특징으로 하는 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 용질은 하이드록실기를 갖는 것을 특징으로 하는 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 하이드록실기를 갖는 용질은 알코올 당류 또는 수용성 당류인 것을 특징으로 하는 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 수용성 당류는 글루코오스(Glucose), 프록토오스(Fructose), 갈락투로닉 산(Galacturonic acid), 수크로오스(Sucrose), 락토오스(Lactose), 및 말토오스(Maltose)) 중 적어도 어느 하나를 포함하고,

상기 당류 알코올는 에틸렌글리콜(Ethylene glycol), 글리세롤(Glycerol) 에리스리톨(Erythritol), 아라비톨(Arabitol), 자일리톨(Xylitol), 솔비톨(Sorbitol), 만니톨(Mannitol), 이노시톨(Inocitol), 이소말트(Isomalt), 및 말토테트라이톨(Maltotetraitol) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물.

청구항 6

에너지 하베스팅 소자로서,

유전체층;

제 1항 내지 제 5항 중 어느 한 항에 따른 액체 조성물;

상기 유전체층 일측에 구비되는 제1전극, 상기 유전체 층 타측에 부착되는 제2전극;을 포함하여, 상기 액체 조성물이 상기 유전체층과 접촉되어 마찰전기가 발생되는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 소자.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 유전체층은 전극층에 소수성 필름이 코팅된 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 소자.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 액체 조성물의 화학그룹 조성에 의한 마찰대전 특성에 기반하여 액체 조성물을 선택, 결정하는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 소자.

청구항 9

제 6항에 따른 에너지 하베스팅 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물 및 이를 이용한 액적 기반 에너지 하베스팅 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 재료의 잘 정의된 물리적 특성을 얻는 것은 자연을 이해하고 활용하는 첫 번째 단계이다. 특성 중 재료는 마찰(또는 다른 재료와의 접촉 및 분리)이 적용될 때 표면 전하를 발생시키는 경향이 있다.

[0003] 마찰 전기 효과(또는 접촉 대전 현상)라고 하며 거의 모든 재료에서 관찰된다. 일반적으로 마찰 전기 효과는 스파크, 가스 탱크의 갑작스러운 폭발, 정밀 제조 및 전자 장치의 고장과 같은 예측할 수 없는 사고를 초래하기 때문에 일상 생활에서 피해야 한다.

[0004] 한편, 결과적인 표면 전하를 전원, 메카노센싱, 전자분사 이온화 소스에 활용하는 마찰전기 효과에 대한 새로운 관점이 보고되고 있다. 고체 표면뿐만 아니라 고체 표면과 접촉 및 분리된 액체에서도 마찰 전기 효과를 관찰할 수 있다.

[0005] 액체로의 마찰 전기 효과의 확장은 액적 조작, 입자 배열, 에너지 수확 및 감지를 위한 새로운 경로를 제공했다. 그러나 웨이퍼 건조 후 파티클 침전, 석유제품이 파이프를 통과할 때 축적된 전하에 의한 발화, 대전된 액적에 뭉치는 등 예상치 못한 사고를 일으키기도 한다.

[0006] 마찰 전기 효과를 제어하는 첫 번째 단계는 해석적 접근 방식을 통해 특성화하거나 관계를 제어하는 매개변수를 찾는 것이다. 파라메트릭 연구를 기반으로 여러 노력이 보고되었지만 마찰 전기 효과의 메커니즘은 여전히 논란의 여지가 있으며 대부분 알려지지 않았다.

[0007] 대신, 마찰 전기 시리즈(열, series)로 마찰 전기 효과를 설명하는 경험적 접근 방식이 일반적으로 허용되는 방식dl다. 마찰전기 계열(대전열)은 재료 사이의 마찰(또는 접촉 및 분리) 후 양전하 또는 음전하가 생성되는 경향에 따라 재료를 정렬한다. 마찰전기 대전열(시리즈)는 오래전부터 정립된 이후로 2차원 재료, 산화물 재료 등 새로운 종류의 재료로 지속적으로 업데이트되고 있다.

[0008] 그러나 대부분의 이전 연구는 고체에서 마찰 전기 계열을 확장하거나 검증하는 쪽으로 편향되어 있다. 액체에서의 마찰 전기 효과는 소수의 연구에서만 보고되었으며 전해질과 유기 용매에 국한되어 액체의 접촉대전 특성을 반영하기에 충분하지 않다.

[0009] 따라서 다양한 종류의 액체를 포함하는 액체에 마찰전기(접촉대전) 계열(대전열)을 확립하는 것이 시급하다. 액체 대전열은 마찰 전기 효과를 증폭하여 더 많은 전원을 얻거나 억제하여 예측할 수 없는 사고를 방지하는 목적

으로 마찰 전기 효과를 제어하는 지침을 제공할 수 있다.

[0010] 본 발명에서는 먼저 액체 마찰 전기 효과에 의해 발생하는 전하량에 따라 다양한 종류의 액체를 순서대로 배열하여 "액체 마찰 전기 시리즈(액체 대전열)"를 작성한다. 여기서, 액체 마찰 전기 효과는 대상 액체와 고체 표면 사이에 마찰(또는 접촉 및 분리)이 발생한 후 표면 전하 변화로 정의된다. 액체 마찰 전기 효과는 고체 표면의 상태(표면 거칠기 및 표면 재료)와 액체의 동적 거동에 민감한 것으로 알려져 있다.

[0011] 즉, 일반적으로 액체와 고체 사이의 접촉대전 분야에서는 물과 같은 극성 용매에 이온을 첨가한 전해질 액체에서의 대전현상에 대한 보고들이 이루어졌으며, 보통 전해질의 농도가 진해질수록 이와 접촉 후 고체 표면의 표면 전위의 크기가 낮아져 결국 표면에 대전되는 전하의 양이 매우 줄어드는 것으로 알려져 있다. 따라서 지금까지 보고된 바에 의하면 액체에 다른 화학 물질을 혼합하였을 때 표면 전위는 큰 폭으로 낮아지는 것으로 알려져 있다. 그러나 최근 액체와 고체 표면 사이에서 발생하는 접촉대전을 이용할 수 있는 다양한 플랫폼에 대한 연구들이 진행됨에 따라, 액체에 극성 화합물이 아닌 다른 성분을 첨가하여 표면 대전을 향상시키는 방법에 대한 연구가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 10-2477748

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 10-2021-0055462

(특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 10-1958872

(특허문헌 0004) 대한민국 공개특허 10-2022-0085153

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 실시예에 따르면, 액체 조성에 따른 액체 고체 계면에서의 접촉대전 현상에 의한 표면 대전을 증대시킬 수 있는 액체조성물을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따르면, 특히 하이드록실기가 포함된 액체와 고분자 표면 사이에서 접촉 및 분리가 일어났을 때 고분자 표면에서의 대전양을 증대 시킬 수 있으며, 하이드록실기의 개수에 따른 표면 대전양을 제어, 조절할 수 있고, 액적 기반 발전 플랫폼 등 이의 접촉대전의 증대가 필요한 분야에의 적용이 가능한, 액체 표면 대전 증진 조성물을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에 따르면, 하이드록실기가 포함된 당류알코올 용질과 극성 용매가 혼합된 용액과 고분자 고체 표면 사이에서의 표면 대전현상의 증대 및 용질 내 하이드록실기 개수에 따라 표면 대전현상의 변화, 제어가 가능하고, 그 결과 극성 화합물이 혼합된 전해질과는 다르게, 당류알코올이 혼합된 용액은 접촉대전에 의한 표면 전하밀도를 증가시킬 수 있고, 또한 해당 용액을 액적 기반 발전 플랫폼에 적용하였을 때, 당류알코올 내 하이드록실기 개수가 많은 솔비톨 용액의 경우(하이드록실기 6개) 에는 하이드록실기가 적은 에리스리톨(하이드록실기 4개), 자일리톨(하이드록실기 5개) 등등이 용해된 당류알코올 용액 보다 높은 전기적 출력을 얻을 수 있는, 액체 표면 대전 증진 조성물을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0016] 그리고 본 발명의 실시예에 따르면, 하이드록실기를 포함한 용액에 의한 고체 표면 대전 증진은 기존에 제시되던 고체 표면의 성형을 통한 표면 대전 증진에서 벗어나 용액의 조성에 따른 액체와 고체 계면에서의 표면 대전 증진에 대한 가능성을 보여주어 이를 액체-고체 접촉대전 기반 에너지 하베스팅과 같은 분야에 적용하였을 때 손쉽게 에너지 하베스팅 효율을 증대시킬 수 있는, 액체 표면 대전 증진 조성물을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0017] 본 발명의 실시예에 따르면, 용액의 조성에 따른 표면 대전 효과 증대 방법과, 표면 대전의 증대에 따른 에너지 하베스팅 분야에의 적용 방법, 액체 고체 접촉대전 소자에의 적용을 통한 효율의 증대, 액적 기반 발전 소자에

의 적용을 통한 효율의 증대를 제공하는데 그 목적이 있다.

[0018] 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

[0019] 본 발명의 제1목적은 고체와 표면접촉되어 마찰전기를 발생시키는 액체조성물로서, 용매에 수소결합 공여체를 갖는 용질이 용해된 것을 특징으로 하는 접촉 마찰대전 증진 액체 조성물로서 달성될 수 있다.

[0020] 그리고 상기 용매는 극성용매이고, 상기 용질은 알코올 당류 또는 수용성 당류 용질인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0021] 또한 상기 고체는 고분자인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 그리고 상기 알코올 당류 또는 상기 수용성 당류는 하이드록실기를 갖는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0023] 또한 상기 하이드록실기의 개수에 비례하여 접촉대전에 의한 표면 전하밀도가 증대되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0024] 그리고 상기 수용성 당류는 글루코오스(Glucose), 프록토오스(Fructose), 갈락투로닉 산(Galacturonic acid), 수크로오스(Sucrose), 락토오스(Lactose), 및 말토오스(Maltose)) 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 당류 알코올는 에틸렌글리콜(Ethylene glycol), 글리세롤(Glycerol) 에리스리톨(Erythritol), 아라비톨(Arabitol), 자일리톨(Xylitol), 솔비톨(Sorbitol), 만니톨(Mannitol), 이노시톨(Inocitol), 이소말트(Isomalt), 및 말토테트라이톨(Maltotetraitol) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0025] 본 발명의 제2목적은 에너지 하베스팅 소자로서, 유전체층; 앞서 언급한 제 1목적에 따른 액체 조성물; 상기 유전체층 일측에 구비되는 제1전극, 상기 유전체 층 타측에 부착되는 제2전극;을 포함하여, 상기 액체 조성물이 상기 유전체층과 접촉되어 마찰전기가 발생되는 것을 특징으로 하는 에너지 하베스팅 소자로서 달성될 수 있다.

[0026] 그리고 상기 유전체층은 전극층에 소수성 필름이 코팅된 것을 특징으로 할 수 있다.

[0027] 또한 상기 액체 조성물의 화학그룹 조성에 의한 마찰대전 특성에 기반하여 액체 조성물을 선택, 결정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0028] 그리고 상기 액체 조성물은 하이드록실기의 개수에 비례하여 마찰 접촉대전 특성이 증가되는 것을 특징으로 할 수 있다 .

[0029] 본 발명의 제3목적은 앞서 언급한 제2목적에 따른 에너지 하베스팅 소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치로서 달성될 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 액체 표면 대전 증진 조성물에 따르면, 액체 조성에 따른 액체 고체 계면에서의 접촉대전 현상에 의한 표면 대전을 증대시킬 수 있는 효과를 갖는다.

[0031] 본 발명의 실시예에 따른 액체 표면 대전 증진 조성물에 따르면, 특히 하이드록실기가 포함된 액체와 고분자 표면 사이에서 접촉 및 분리가 일어났을 때 고분자 표면에서의 대전양을 증대 시킬 수 있으며, 하이드록실기의 개수에 따른 표면 대전양을 제어, 조절할 수 있고, 액적 기반 발전 플랫폼 등 이의 접촉대전의 증대가 필요한 분야에의 적용이 가능한 장점이 있다.

[0032] 본 발명의 실시예에 따른 액체 표면 대전 증진 조성물에 따르면, 하이드록실기가 포함된 당류알코올 용질과 극성 용매가 혼합된 용액과 고분자 고체 표면 사이에서의 표면 대전현상의 증대 및 용질 내 하이드록실기 개수에 따라 표면 대전현상의 변화, 제어가 가능하고, 그 결과 극성 화합물이 혼합된 전해질과는 다르게, 당류알코올이 혼합된 용액은 접촉대전에 의한 표면 전하밀도를 증가시킬 수 있고, 또한 해당 용액을 액적 기반 발전 플랫폼에 적용하였을 때, 당류알코올 내 하이드록실기 개수가 많은 솔비톨 용액의 경우(하이드록실기 6개) 에는 하이드록실기가 적은 에리스리톨(하이드록실기 4개), 자일리톨(하이드록실기 5개) 등이 용해된 당류알코올 용액 보다 높은 전기적 출력을 얻을 수 있는 효과를 갖는다.

[0033] 그리고 본 발명의 실시예에 따른 액체 표면 대전 증진 조성물에 따르면, 하이드록실기를 포함한 용액에 의한 고체 표면 대전 증진은 기존에 제시되던 고체 표면의 성형을 통한 표면 대전 증진에서 벗어나 용액의 조성에 따른 액체와 고체 계면에서의 표면 대전 증진에 대한 가능성을 보여주어 이를 액체-고체 접촉대전 기반 에너지 하베스팅과 같은 분야에 적용하였을 때 손쉽게 에너지 하베스팅 효율을 증대시킬 수 있는 효과를 갖는다.

[0034] 본 발명의 실시예에 따른 액체 표면 대전 증진 조성물에 따르면, 용액의 조성에 따른 표면 대전 효과 증대 방법과, 표면 대전의 증대에 따른 에너지 하베스팅 분야에의 적용 방법, 액체 고체 접촉대전 소자에의 적용을 통한 효율의 증대, 액적 기반 발전 소자에의 적용을 통한 효율의 증대를 기대할 수 있다.

[0035] 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

[0036] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석 되어서는 아니 된다.

도 1a은 본 발명의 실시예에 따른 액체 마찰전기 특성 측정장치(플랫폼)의 사시도,

도 1b는 FEP의 화학적 조성,

도 1c는 c 20 μL DI 물방울의 정적 접촉각 이미지

도 1d FEP 필름의 초기 상태(Bare), 에탄올을 분무하고 건조시킨 후(Reset) FEP 필름의 표면 전하 밀도(σ)(σ 는 베어 상태에서 -3.54 ± 6.08 nC/cm^2로 측정되었지만 재설정(reset) 후 0.71 ± 0.12 nC/cm2로 감소함),

도 1e 초기 상태와 포화 상태에서 센싱유닛의 작동 메커니즘

도 1f 센싱 유닛이 1M NaCl 전해질 용액을 만났을 때 전기 신호의 충전 시간 그래프(유도 전하의 양은 전기 신호의 최대값과 최소값의 차이로부터 QIN으로 정의됨)

도 1g 센싱 유닛이 1M NaCl 전해질 용액을 만났을 때 사이클이 증가함에 따른 QIN의 변화(빨간색 음영 영역은 센싱 유닛의 포화 상태를 나타냄),

도 1h 센싱 유닛의 침수 및 상승 속도(u)가 QIN,S에 미치는 영향 그래프(u = 250mm/min일 때 QIN,S를 기준으로 정규화된 값은 통계적으로 유의하지 않음($p < 0.05$)),

도 2a는 QIN,S에 따른 액체 대전열(모든 QIN,S는 부틸 아세테이트 및 4mM 벤제토늄 클로라이드 용액($p < 0.05$)을 제외하고 통계적으로 유의함),

도 2b는 용질이 가진 작용기에 따른 QIN,S의 변화,

도 2c는 수용액의 이온강도에 따른 QIN,S의 변화,

도 3a는 NaCl 전해질 용액의 농도에 따른 QIN,S의 변화,

도 3b QIN,S와 pC 사이의 관계(≡ - log[C])(QIN,S는 조정된 R-제곱이 0.99인 pC와 선형적으로 관련됨),

도 4는 액체 대전열에 대한 액체 화학 그룹의 영향을 나타낸 것으로,

도 4a는 8가지 대표적인 액체의 대전열: (+) 소르비톨 F 용액 - 글리세롤 - DI 워터 - 헥산올 - 옥탄올 - 메틸 아세테이트 - 부틸 아세테이트 - 4mM 벤제토늄 클로라이드 용액 (-))

도 4b는 솔비톨 F 용액, 글리세롤, 탈이온수, 헥산올, 옥탄올 및 4mM 벤제토늄 클로라이드로 포화 상태에 도달했을 때 센싱 유닛의 표면 전하 밀도,

도 5는 액체 마찰 전기 특성을 나타낸 것으로,

도 5a는 하이드록실기의 수가 QIN,S에 미치는 영향(DI water의 QIN,S를 기준으로 정규화된 값을 평가함),

도 5b는 액적 기반 전기 발전기(DEG)에서 QIN,S 향상 시연(전기 출력은 40 μL 액적을 적용하여 10MΩ 부하 저항

의 전압을 측정하여 평가함,

도 5c는 DEG에 40㎕ 액적을 적용했을 때 커패시터 충전 성능 비교(삽입된 그림은 470nF 커패시터를 충전하기 위한 등가 회로를 보여줌),

도 5d는 탈이온수의 바닐린 농도가 QIN,S에 미치는 영향에 대한 조사(DI water의 QIN,S를 기준으로 정규화된 값을 평가함),

도 5e는 QIN,S 억제 시연을 위한 카본 블랙 분말 침착 시험의 개략도,

도 5f는 다양한 상태의 FEP 필름 후 입자 증착 결과(순수 FEP 필름 및 탈이온수 및 2g/L 바닐린 용액으로 세척 후 FEP 필름)(삽입된 그림은 입자 증착 후 각 FEP 필름의 이미지를 보여주고, 눈금 막대는 1㎝를 나타냄)을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0038] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한 도면들에 있어서, 구성요소들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

[0039] 본 명세서에서 기술하는 실시예들은 본 발명의 이상적인 예시도인 단면도 및/또는 평면도들을 참고하여 설명될 것이다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 따라서 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 따라서 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다. 예를 들면, 직각으로 도시된 영역은 라운드지거나 소정 곡률을 가지는 형태일 수 있다. 따라서 도면에서 예시된 영역들은 속성을 가지며, 도면에서 예시된 영역들의 모양은 소자의 영역의 특정 형태를 예시하기 위한 것이며 발명의 범주를 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서의 다양한 실시예들에서 제1, 제2 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 여기에 설명되고 예시되는 실시예들은 그것의 상보적인 실시예들도 포함한다.

[0040] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 '포함한다(comprises)' 및/또는 '포함하는(comprising)'은 언급된 구성요소는 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0041] 아래의 특정 실시예들을 기술하는데 있어서, 여러 가지의 특정적인 내용들은 발명을 더 구체적으로 설명하고 이해를 돕기 위해 작성되었다. 하지만 본 발명을 이해할 수 있을 정도로 이 분야의 지식을 갖고 있는 독자는 이러한 여러 가지의 특정적인 내용들이 없어도 사용될 수 있다는 것을 인지할 수 있다. 어떤 경우에는, 발명을 기술하는 데 있어서 흔히 알려졌으면서 발명과 크게 관련 없는 부분들은 본 발명을 설명하는데 있어 별 이유 없이 혼돈이 오는 것을 막기 위해 기술하지 않음을 미리 언급해 둔다.

[0043] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 액체 대전 특성 측정장치, 이를 이용한 대전열 작성방법 및 평가방법에 대해 설명하도록 한다.

[0044] 먼저, 액체 접촉대전(마찰전기) 특성 측정을 위한 장치(플랫폼)의 구성에 대해 설명하도록 한다.

[0045] 도 1a는 본 발명의 실시예에 따른 액체 마찰 전기 효과에 의해 발생된 전하량을 측정하기 위한 플랫폼을 도시한 것이다.

[0046] 본 발명의 실시예에 따른 측정 플랫폼(100)은 패러데이 케이지(11), 센싱유닛(20), 테스트 액체가 담긴 액체 배드(10), 센싱유닛(20)이 탈부착되는 탈착유닛(30), 이동스테이지(40), 전위계(50), 분석수단(60)을 포함하여

구성된다.

[0047] 센싱유닛(20)과 테스트 액체 배드(10)는 환경에서 오는 전기 노이즈를 차폐하기 위해 접지에 연결된 패러데이 케이지(11)로 둘러싸여 있습니다. 센싱유닛(20)과 테스트 액체가 접촉 및 분리될 때마다 전위계(50)는 액체 마찰 전기 효과로 인한 전기 신호를 측정한다.

[0048] 이동스테이지(40)를 제어하는 방식으로 센싱유닛(20)을 액체에 대해 각각 수직 방향으로 하강 및 상승하여 반복적인 접촉 및 분리가 발생한다. 하강 및 상승 속도는 G 코드로 프로그래밍된 선형 단계에 의해 일정하게 유지된다. 제어된 선형 이동 스테이지(40) 모션은 테스트 액체의 자유 표면의 불안정성을 최소화하여 안정적인 전기 응답을 달성할 수 있다.

[0049] 센싱 유닛(20)은 전위계(50)에 연결된 Al 전극(22)과 전극(22)을 캡슐화하는 고분자 코팅층(유전체 코팅층)(21)으로 구성된다. 유전체 코팅층(21)은 액체와의 접촉 및 분리를 경험하므로 액체 마찰전기 계열에 나열된 각 테스트 액체의 상대적인 위치를 결정하는 기준이 된다. 신뢰할 수 있는 결과를 얻으려면 유전체 코팅층(21)이 다양한 유형의 액체와 화학적으로 호환 가능해야 하며 액체와의 친밀한 접촉 및 손쉬운 분리를 보장해야 한다.

[0050] 여기서 불소화 에틸렌 프로필렌(FEP)은 도 1b와 같이 불소가 풍부한 분자 구조를 고려하여 선택된다. 불소의 높은 전기음성도와 낮은 분극률은 탄소 원자와 강한 극성 결합을 생성한다. 이러한 결합 특성은 뛰어난 화학적 안정성을 유도하여 산, 부식성 화학 물질, 산화제 및 유기 용매에 대한 높은 내화학성을 나타낸다.

[0051] 또한, 표면의 플루오르화기는 용매가 접근할 수 있는 표면적을 높이고 물과의 상호작용을 감소시켜 표면의 수화 자유 에너지를 증가시키는 것으로 확인되었다. 그 결과, 불소화된 표면은 FEP에서 테스트 액체의 완전한 분리를 보장하는 본질적인 소수성을 가진다.

[0052] FEP의 소수성은 도 1c에 도시된 바와 같이 다양한 액체에 대한 정적 접촉각 및 슬라이딩 각도 측정을 통해 관찰할 수 있다. 테스트 액체에 관계없이 액체 방울은 기울기 각도가 40° 미만인 FEP 표면에서 미끄러지기 쉽다. 접촉/슬라이딩 각도 결과는 FEP 표면(21)이 테스트 액체에 대해 수직 방향으로 하강 및 상승할 때마다 테스트 액체의 안정적인 접촉 및 분리가 예상될 수 있음을 나타낸다.

[0054] 제조 후 FEP 표면은 도 1d에 도시된 바와 같이 FEP 필름(21)을 취급하는 동안 마찰로 인해 약간의 표면 전하가 있다. 이러한 이유로 신뢰할 수 있는 액체-고체 접촉 대전 결과를 얻으려면 초기 표면 전하를 제거해야 한다. 따라서 FEP 표면(21)에 에탄올을 분사하고 건조시켜 초기 표면 전하를 제거하여 FEP 표면을 전처리한다("재설정"이라고 함).

[0055] FEP 표면의 초기 상태("Bare"로 표시됨)는 양전하 및 음전하 분포를 모두 나타내며 표면 전하 밀도(σ)는 -3.54 ± 6.08 nC/cm^2로 측정된다. 재설정으로 인해 FEP 표면의 σ는 도 1d와 같이 0.71 ± 0.12 nC/cm^2로 감소한다. σ의 히스토그램은 또한 0.49 nC/cm^2에서 0.94 nC/cm^2로 다양하게 리셋 후 그 분포가 노출된 FEP 표면(-14.79 nC/cm^2에서 6.13 nC/cm^2로)과 비교하여 효과적으로 감소되었음을 보여준다.

[0056] 초기에 유도된 표면 전하가 제거된 상태에서 측정 플랫폼(100)의 작동 메커니즘은 도 1e와 같이 측정대상 액체를 액체배드(10)에 담그는 것으로 시작된다. 전기 신호는 Al 전극(22)과 전위계(50) 사이의 양극 캐리어(전류 흐름)의 움직임에서 나오며 액체 마찰 전기 효과에 의해 대전된 표면에 의해 유도된다. 담금 전에 각 시험 액체의 전하를 접지에 연결하여 제거했다. 액체-고체 접촉의 초기 상태(센싱 유닛의 첫 번째 침수)에서 센싱 유닛(20)의 표면은 액체 마찰 전기 효과로 인해 음으로 대전되기 시작한다. 센싱 유닛의 반복적인 침수 및 상승으로 인해 센싱 유닛(20) 표면에 액체 마찰 전기 효과가 지속적으로 발생하여 음의 표면 전하 축적 및 포화가 발생한다.

[0057] 센싱유닛(20)이 시험 액체에 잠길 때마다 시험 액체의 양전하 캐리어(이온 또는 쌍극자)는 축적된 음전하의 양에 관계없이 컬럼 힘에 의해 항상 센싱유닛 표면 근처로 이동한다. 센싱유닛(20)의 움직임에 따라 테스트 액체의 양전하 캐리어의 영향이 변경되어 전기적 중성 상태가 깨질 수 있다. 새로운 전기 평형을 만족시키기 위해 Al 전극(21)과 전위계(50) 사이에서 또 다른 양전하 캐리어가 이동한다.

[0058] 따라서 침수와 상승을 반복하여 센싱유닛(20)에 표면 전하가 많을수록 양전하 캐리어가 더 많이 움직인다. 양전하 캐리어 이동량이 포화되면 전기 신호가 안정화된다.

[0059] 도 1f는 1M NaCl 전해질 용액을 사용한 액체 마찰 전기 특성 측정의 일반적인 전기 신호를 보여준다. FEP를 1M NaCl에 담그면 양전하 캐리어가 감지되고 센싱유닛(20)과 1M NaCl 용액 사이의 접촉 면적이 증가함에 따라 증가한다. 몰입 동작이 끝나면 충전량이 최대치에 도달한다. 이후 센싱유닛이 상승하기 시작하면 접촉면적이 줄어들면서 측정된 전하량이 감소한다. 센싱유닛(20)의 잠김 및 상승 동작의 반복 주기에서 측정된 전기 신호의 최대값과 최소값의 차이에서 유도 전하 QIN을 정의한다.

[0060] 도 1g는 센싱유닛의 반복 주기에서 평가된 QIN의 장기 거동을 보여줍니다. 총 70주기 동안 QIN의 평균값은 5주기마다 계산되었다. 리셋(중립 상태)에서 사이클이 시작되기 때문에 사이클이 반복될수록 QIN이 증가하는 경향이 있다. 25주기 후 QIN은 포화 동작을 보여준다. 본 발명의 실시예에서는 QIN이 얼마나 많은 사이클이 반복되더라도 그 값의 10% 이내에서 변할 때 QIN,S로 표시되는 QIN의 포화 상태를 정의하였다. 따라서 모든 테스트 액체의 마찰 전기 특성은 QIN,S로 평가할 수 있다.

[0061] 플랫폼(100)의 적절한 작동 조건을 찾기 위해 센싱유닛(20)의 침수 및 상승 속도(u)가 테스트 액체의 QIN,S에 미치는 영향을 조사하였다. u = 250mm/min에서 QIN,S를 사용하면 u = 150mm/min 및 350mm/min일 때 QIN,S 값이 도 1h에 표시된 것처럼 정규화된다. 플랫폼(100)의 u와 관련하여 통계적으로 유의미한 차이는 없음을 알 수 있다($p < 0.05$). 관련성이 없다는 것은 플랫폼이 일반적으로 신뢰할 수 있는 전기 신호의 획득을 방해하는 액체-고체 접촉 및 분리의 동적 효과를 성공적으로 최소화한다는 것을 의미한다. 그러나 u가 350mm/min보다 높아지면 QIN,S는 표준 편차가 증가하면서 불안정해 질 수 있다. 결과는 u가 350 mm/min 이상이면 액체-고체 접촉의 동적 효과가 불가피하여 QIN,S가 부정확하다는 것을 의미한다. u가 QIN,S를 구하는 데 미치는 영향을 조사한 결과 액체 마찰 전기 특성 측정을 위해 u를 250mm/min으로 고정했다.

[0063] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 액체 조성에 따른 액체 접촉대전 시리즈(액체 대전열) 구축, 작성방법에 대해 설명하도록 한다.

[0064] 앞서 언급한 본 발명의 실시예에 따른 플랫폼을 사용한 액체 마찰 전기 효과의 검증된 측정 메커니즘에서 QIN,S는 다양한 유형의 액체에 대해 조사되었으며 도 2a에 요약되어 "액체 마찰 전기 시리즈(액체 대전열)"를 구축할 수 있다. 액체에는 전해질 및 유기 용매뿐만 아니라 산화제 및 당 알코올이 포함된다.

[0065] 도 2a에서 솔비톨 F 용액, DI 워터 및 헥산올의 세 가지 다른 액체로 액체 마찰 전기 특성 측정 플랫폼(100)에서 QIN,S를 평가하기 위한 대표적인 전기 신호 응답이 표시되어 있다. 도 2b는 용질이 가진 작용기에 따른 QIN,S의 변화, 도 2c는 수용액의 이온강도에 따른 QIN,S의 변화를 도시한 것이다. 액체 마찰 전기 시리즈(이하 액체 대전열)에서 각 액체의 상대적 위치를 직관적으로 이해하기 위해 다양한 이온 용액 (1mM, 100mM, 1M NaCl 용액, 1mM, 100mM $CaCl_2$용액, 1mM, 100mM $CeCl_3$ 용액)의 QIN,S도 추가되었다. 카보닐기, 아민기, 카르복실기를 갖는 용질을 물에 녹였을 때는 일반적으로 DI water보다 낮아지는 경향을 가지며, 카보닐기>카르복실기, 아민기>카르복실기의 순으로 감소하는 경향이 커지는 것을 알 수 있다. 유기 용매의 QIN,S는 이전 보고서에서와 같이 일반적으로 DI water보다 낮다.

[0066] 특히, 액체가 더 많은 수의 탄화수소로 구성되거나(헥산올 - 옥탄올 그룹 및 메틸 아세테이트 - 부틸 아세테이트 그룹 참조) 액체가 고분자 전해질 및 벤젠 고리 화합물을 함유할 때(20wt% 참조) QIN,S는 감소함을 알 수 있다. 또한 일부 액체의 QIN,S는 DI water보다 높게 기록되어 DI water의 불순물이 항상 액체 마찰 전기 효과를 방해한다는 편견을 깨뜨리고 있음을 알 수 있다.

[0067] 본 발명의 실시예에서는 액체 대전열에 대한 진위를 확인하기 위해 NaCl 농도와 QIN,S의 관계를 추가로 조사하였다. 액체 마찰 전기 효과가 발생하면 생성된 표면 전하에 의해 유도되는 전위를 표면 전위(ζ)라고 정의한다. ζ는 전해질의 농도(특히, 몰농도 C)와 선형 관계를 갖는 것으로 알려져 있으며, 아히 수학식 1로 표현된다.

[0068] [수학식 1]

[0069] $$\zeta \propto -\log[C] \equiv pC$$

[0070] 도 3a는 플랫폼을 사용하여 다양한 농도의 NaCl 용액에 대해 QIN,S를 측정한다. NaCl의 농도가 1mM에서 1M로 증가함에 따라 QIN,S는 5.64±0.22nC에서 2.69±0.18nC로 감소한다. 예상대로 도 3b와 같이 QIN과 pC 사이의 선형 관계가 관찰되며, 이는 현재 플랫폼의 측정 결과를 기반으로 설정된 액체 대전열이 객관성을 담보함을 알 수 있다.

[0072] 이하에서는 앞서 언급한 측정 플랫폼과, 이를 적용하여 작성된 액체 대전열을 기반으로 액체 화학그룹(액체 조성)이 액체 마찰전기 특성에 미치는 영향에 대해 설명하도록 한다.

[0073] 액체 마찰 전기 특성의 결과를 반영하여 대전열의 8개 액체는 도 4a에 도시된 바와 같이 (+) 소르비톨 F 용액 - 글리세롤 - DI 워터 - 헥산올 - 옥탄올 - 메틸 아세테이트 - 부틸 아세테이트 - 4mM 벤제토늄 클로라이드 용액(-)으로 배열될 수 있다.

[0074] 여기서, 포지티브에 가까운 액체는 센싱 유닛(20)의 FEP 표면(21)에 더 많은 양의 전하를 발생시키고, 네거티브에 가까운 액체는 더 적은 양의 전하를 발생시킨다. 액체 마찰 전기 특성은 또한 도 4b와 같이 포화 상태에 도달할 때 센싱유닛(20)의 FEP 표면(21)에 대한 표면 전하 밀도(σ)를 측정하여 조사되었다.

[0075] 3 cm × 3 cm의 스캔 영역에서 σ는 솔비톨 F 용액, 글리세롤, 탈이온수, 헥산올, 옥탄올 및 4mM 벤제토늄 클로라이드 각각 -28.16 ± 5.92 nC/cm^2, -8.77 ± 4.38 nC/cm^2, -5.67 ± 3.64 nC/cm^2, -1.33 ± 0.37 nC/cm^2, -0.80으로 측정된다. ± 0.44 nC/cm^2, -0.06 ± 0.91 nC/cm^2. σ의 결과는 각 액체의 고유한 마찰 전기 특성을 지원하는 8개 액체의 QIN,S 배열을 따른다.

[0076] 액체 대전열의 새로운 발견에 따라 테스트 액체는 유사한 화학 그룹에 따라 그룹화될 수 있다. 전체적으로 하이드록실 그룹(DI 물, 글리세롤 및 소르비톨 F 용액) 및 탄화수소 그룹(헥산올, 옥탄올, 메틸 아세테이트, 부틸 아세테이트 및 4mM 벤제토늄 클로라이드 용액)으로 그룹화될 수 있다.

[0077] 일반적으로 하이드록실 그룹은 액체 마찰 전기 효과를 향상시키는 반면 탄화수소 그룹은 액체 마찰 전기 효과를 감소시킴을 알 수 있다. 우선, 수산기의 효과는 테스트 액체와 FEP 표면(21) 사이의 수소 결합 증가로 설명할 수 있다. 수소 결합은 전기 음성도가 강한 공여 원자(F, O 및 N)에 공유 결합된 수소 원자가 고립 전자쌍을 가진 다른 전기 음성도 원자 근처에 위치할 때 형성된다. 이 경우 수소 원자를 수소 결합 공여체라고 한다. 수소 결합의 효과는 액체 마찰 전기 효과의 주요 메커니즘인 전자 이동을 향상시킬 수 있다.

[0078] 액체의 에너지 밴드 다이어그램에서 수소 결합은 불순물로 작용하여 액체의 원자가와 전도대 사이의 간격에 추가 에너지 준위를 만들 수 있다. 따라서 전자는 액체의 수정된 에너지 준위와 고체 표면의 고정된 에너지 준위 사이에서 더 쉽게 이동한다.

[0079] DI water(탈이온수)와 글리세롤에서 분자당 수소 결합 공여체의 수는 각각 2와 3입니다. 이는 글리세롤이 탈이온수보다 고체 표면과 수소 결합을 형성할 기회가 더 많다는 것을 의미하며 액체의 QIN,S 순위와 일치한다. 솔비톨 F 용액은 주로 분자당 6개의 수소 결합 공여체를 갖는 D-솔비톨 분자와 글리콜 분자보다 더 큰 수소 결합 공여체를 갖는 소량의 수소화 올리고당 분자를 포함한다. 따라서 솔비톨 F 용액은 가장 높은 QIN,S를 기록한다.

[0080] 반면 유기용매는 주로 반 데르 발스 힘을 통해 고체 표면과 상호작용하므로 고체 표면과 상호작용할 기회는 상대적으로 적다. 따라서 유기 용매는 QIN,S가 상대적으로 낮은 경향이 있다. 흥미롭게도 헥산올과 옥탄올 그룹과 메틸아세테이트와 부틸아세테이트 그룹에서 볼 수 있듯이 QIN,S는 탄화수소의 수가 증가함에 따라 더욱 감소한다. 또한 QIN,S는 4mM 벤제토늄 클로라이드 용액의 경우와 같이 액체가 벤젠 그룹을 포함할 때 극적으로 분해된다.

[0082] 도 4에서 논의된 바와 같이, 표면 전하 향상을 위한 대표적인 수소 결합 공여체로서 하이드록실 그룹이 선택된다. 여기에서 하이드록실기의 수와 액체-고체 접촉 대전 사이의 관계를 조사하기 위해 몇 가지 당 알코올 용액이 사용된다. 당 알코올은 자연적으로 탄소 원자에 부착된 하이드록실기를 포함하므로 추가 화학 처리 없이 하이드록실 그룹의 수가 액체 마찰 전기 효과에 어떤 영향을 미치는지 이해를 용이하게 할 수 있다.

[0083] 하이드록실기의 역할을 알아보기 위해 에리스리톨, 자일리톨, 솔비톨(하이드록실기가 4개, 5개, 6개 순으로 구성됨)을 용해도를 고려하여 0.5M의 동일한 농도로 탈이온수(DI water)에 용해하여 사용하였다. 각 당 알코올 용액의 QIN,S를 DI water의 QIN,S에 대해 평가하고 정규화하였다.

[0084] 정규화된 QIN,S는 0.5M 솔비톨 용액의 정규화된 QIN,S가 1.42까지 증가하며 도 5a에 표시된 대로 용액의 총 하이드록실기 수에 따라 증가한다. 이 결과는 더 많은 양의 하이드록실기를 포함하는 액체를 이용하는 것이 액체 마찰 전기 효과를 향상시키는 데 유리함을 나타낸다. 본 발명의 실시예에서 관찰된 강화 효과를 입증하기 위해

0.5M 솔비톨 용액을 에너지 하베스터의 작동 유체로 활용하여 액체-고체 접촉 대전에 의해 유도된 표면 전하를 전기로 변환하였다.

[0085] 다양한 에너지 하베스터 중에서 액체 마찰 전기 효과로 작동하는 대표적인 에너지 하베스터 중 하나이기 때문에 액적 기반 전기 발전기(DEG)를 선택하였다. DEG는 유전체층, DEG 동작시 슬라이딩 액적과 접촉하는 상부전극, 유전체층에 부착되는 하부전극으로 구성된다. 여기서 DEG는 유전층 역할을 하는 125㎛ 두께의 FEP 필름 한 장의 위 아래에 서로 크기가 다른 알루미늄 테이프 조각을 부착하여 제작된다.

[0086] DEG의 전기 출력은 10MΩ 부하 저항의 전압을 측정하여 평가하였다. 40㎕ 방울을 적용하면 전압 피크가 탈이온수에서 60.22±0.67V에서 0.5M 솔비톨 용액에서 68.80±1.69V로 증가한다. 해당 에너지 출력은 탈이온수 및 0.5M 솔비톨 용액의 경우 각각 223.76 ± 5.04 nJ 및 276.17 ± 3.28 nJ로 계산된다. 에너지 수확에서 0.5M 솔비톨 용액의 우수성은 커패시터 충전 성능에서도 입증된다. 470nF 커패시터를 충전하기 위해 DEG는 기존의 정류기에 연결되고 변환된 전기 출력은 도 5c와 같이 커패시터에 저장된다. 처음 30초 동안 커패시터 충전의 평균 속도는 탈이온수에 의해 17.9mV/s를 기록하는 반면 0.5M 솔비톨 용액에 의해 19.4mV/s로 증가한다. 또한, 포화 전압은 탈이온수에서 0.75V를 기록하는 반면, 0.5M 솔비톨 용액에서는 0.80V로 증가한다. 향상된 에너지 출력은 220㎌ 커패시터의 충전에서도 관찰된다.

[0087] 따라서 하이드록실기를 포함하는 작동 유체를 적용하면 DEG 효율을 높일 수 있음을 나타낸다.

[0089] 한편, 표면 전하 억제 효과 측면에서 벤젠 화합물은 4mM 벤제토늄 클로라이드 용액에서 그 효과가 극대화됨을 알 수 있다. 여기에서 바닐린은 탈이온수에 용해되는 대표적인 것 중 하나이기 때문에 벤젠 화합물이 고체의 표면 전하 억제에 미치는 영향을 추가로 조사하는 데 사용되었다.

[0090] 다양한 농도의 바닐린 용액을 준비하고 해당 QIN,S를 도 5d에 표시된 대로 측정한다. QIN,S는 바닐린 농도가 증가함에 따라 감소함을 알 수 있다. 탈이온수의 QIN,S에 대한 2g/L 바닐린 용액의 정규화된 QIN,S는 0.42로 현저히 감소한다. 그 결과 비이온성 수용액이 액체 마찰전기 효과를 억제할 수 있음을 알 수 있다.

[0091] 바닐린의 마찰대전 억제 효과는 그 원료인 리그닌에서 찾을 수 있다. 리그닌은 마찰전기 효과에 의해 기계 이온(mechano-ions)이나 기계 라디칼이 생성되는 표면을 안정화시키기 위해 쉽게 라디칼을 형성할 수 있기 때문에 정전기 방지 특성을 갖는다. 위에서 언급한 유추로부터 액체의 벤젠 화합물이 액체 마찰 전기 효과를 억제하는 데 효과적일 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

[0092] 액체 마찰 전기 효과의 부정적인 측면의 한 가지 예는 표면을 청소한 후에도 기판에 입자가 증착된다는 것이다. 마이크로 전자 회로 산업에서 입자 오염은 회로 작동을 방해하여 제품 수율을 저하시킨다. 따라서 다양한 표면 세정 방법이 연구되어 왔다. 입자 퇴적은 정전기력에 의해 지배된다는 점을 감안할 때, 바닐린 용액에 의한 액체 마찰 전기 효과의 억제는 입자 퇴적을 방지하기 위해 적용될 수 있다.

[0093] 이러한 효과를 확인하기 위해 FEP 필름의 세 가지 다른 상태에서 입자의 접착 거동을 평가하였다. 즉, FEP 필름, 탈이온수로 세척한 FEP 필름, 2g/L 바닐린 용액으로 세척한 FEP 필름에 대하여 입자의 접착 거동을 평가하였다. 카본 블랙 분말은 입자를 모방하는 데 사용되었다. 카본 블랙 분말 위에 탈이온수 세척 또는 바닐린 세척 FEP 필름을 도포한 후 부착된 분말의 수를 세어 입자 석출 정도를 평가하였다.

[0094] 동일한 실험 조건을 생성하기 위해 도 5e와 같이 모든 FEP 필름을 1㎜의 간격 거리로 카본 블랙 분말에 고정하고 분말이 부착될 수 있는 충분한 시간을 보장하기 위해 10초 동안 유지하였다. 결과는 DI 세척 FEP에 대한 부착된 분말의 양이 순수 FEP에 비해 1.25배 더 증가함을 나타낸다. 흥미롭게도 바닐린 세척된 FEP의 부착된 입자는 도 5f와 같이 노출되지 않은 FEP에 비해 0.50배 더 낮게 감소함을 알 수 있다. 도 5d 내지 f에 도시된 실험 결과로, 바닐린 용액을 포함하는 벤젠 그룹이 풍부한 액체가 액체 마찰전기 효과를 성공적으로 억제함을 알 수 있다.

[0096] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시예들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시예들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시예들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

부호의 설명

[0097] 10:액체 배드

11:케이지

20;센싱유닛

21:고분자코팅층, 유전체코팅층, FEP 필름

22:전극층

30:탈착유닛

40:이동스테이지

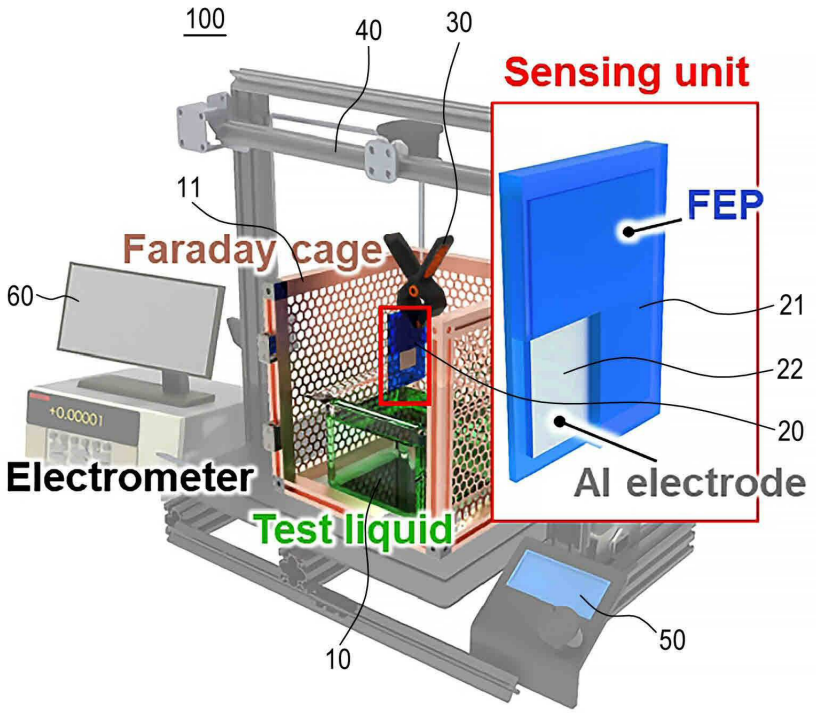
50:전위계

60:분석수단

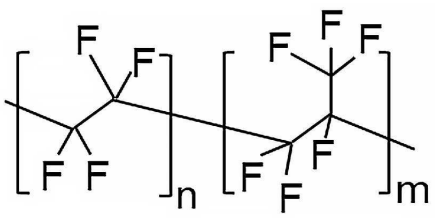
100:측정 장치(측정 플랫폼)

도면

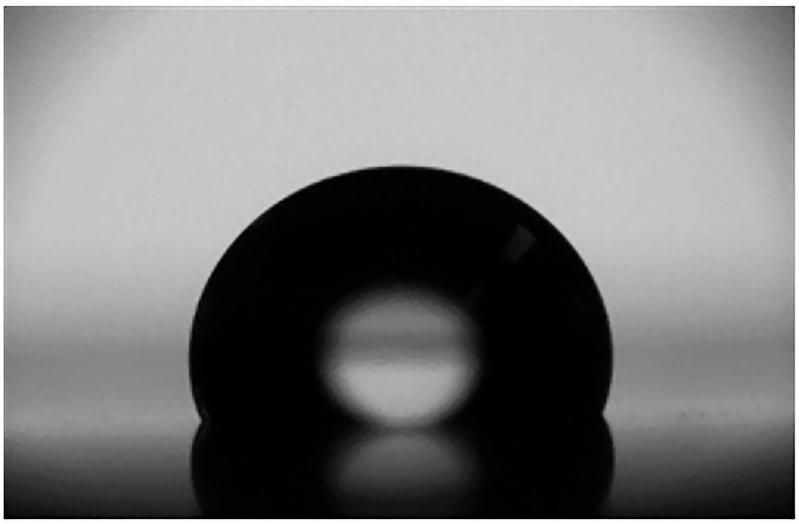
도면1a



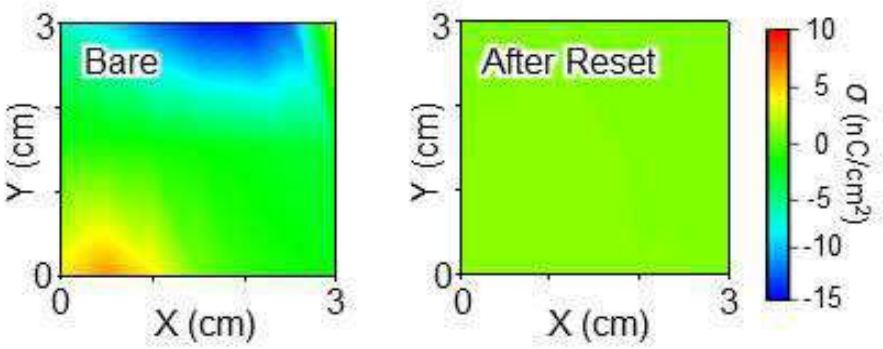
도면1b



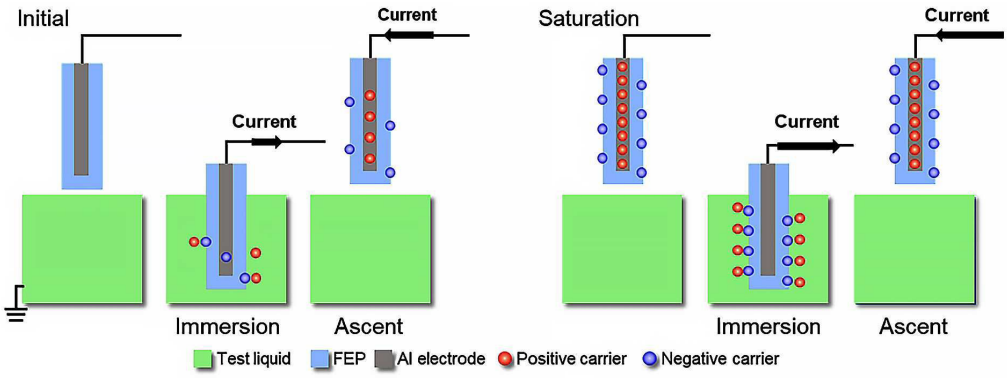
도면1c



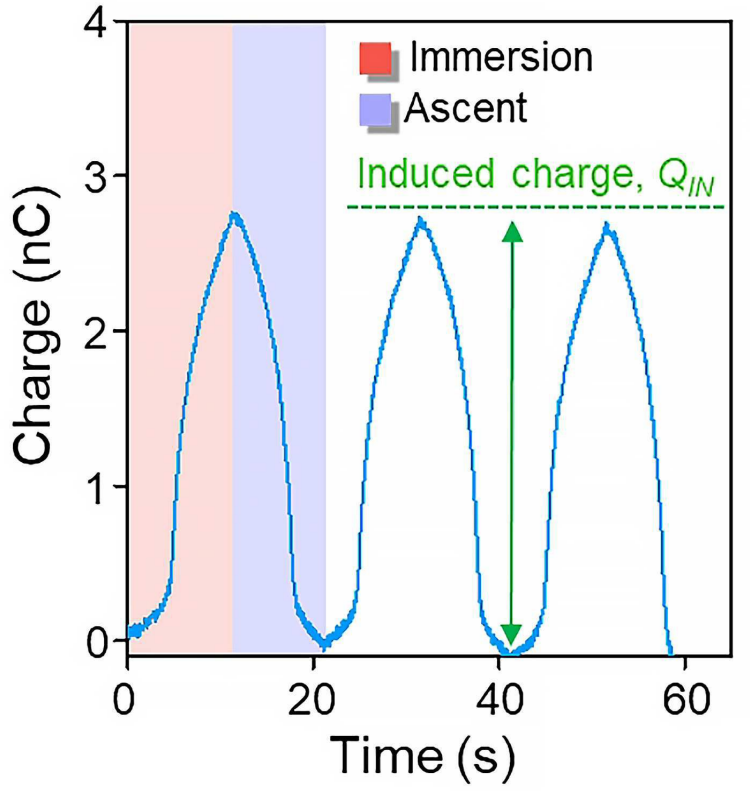
도면1d



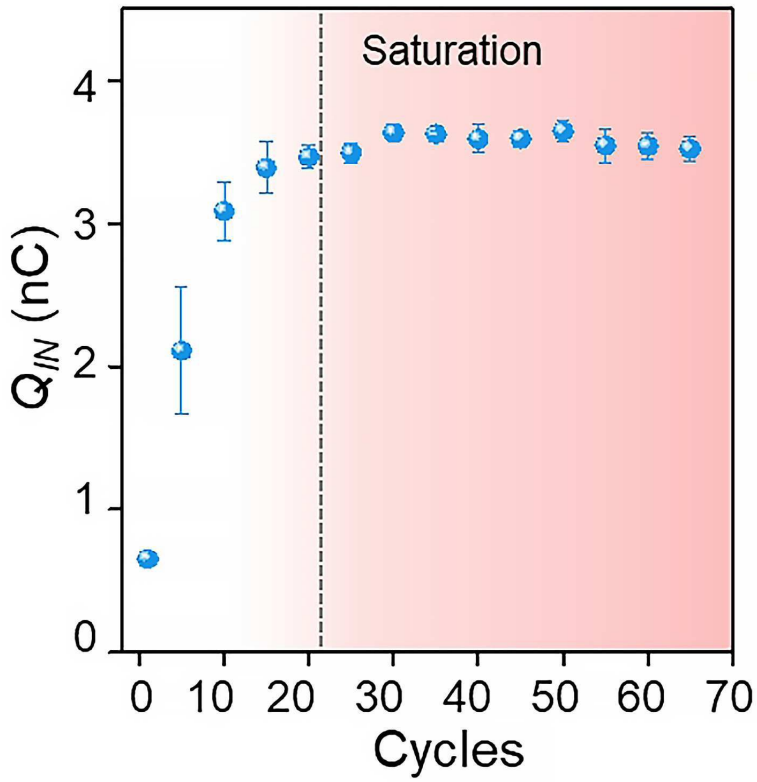
도면1e



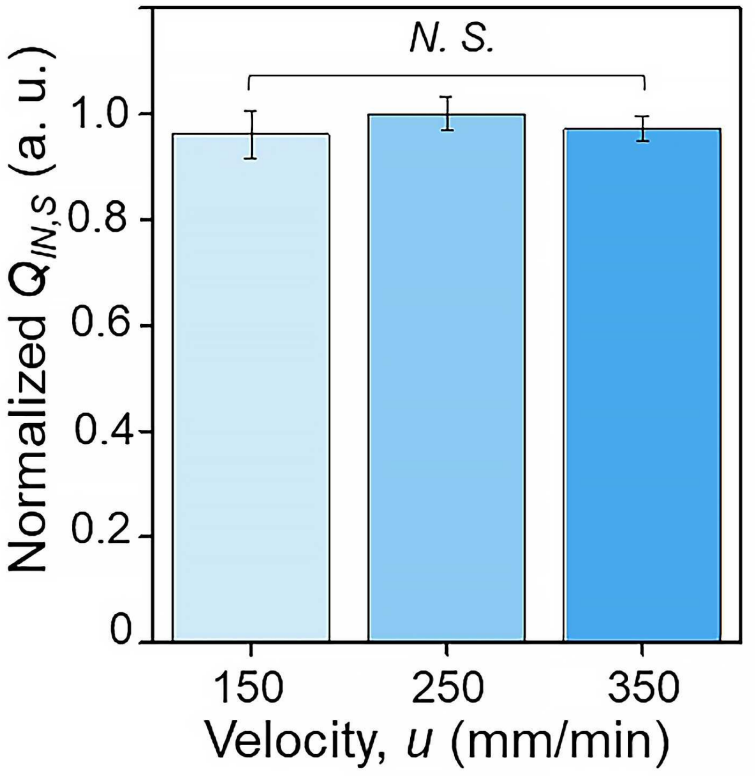
도면1f


Immersion
Ascent
Induced charge, Q_{IN}
Charge (nC)
Time (s)
0
1
2
3
4
0
20
40
60

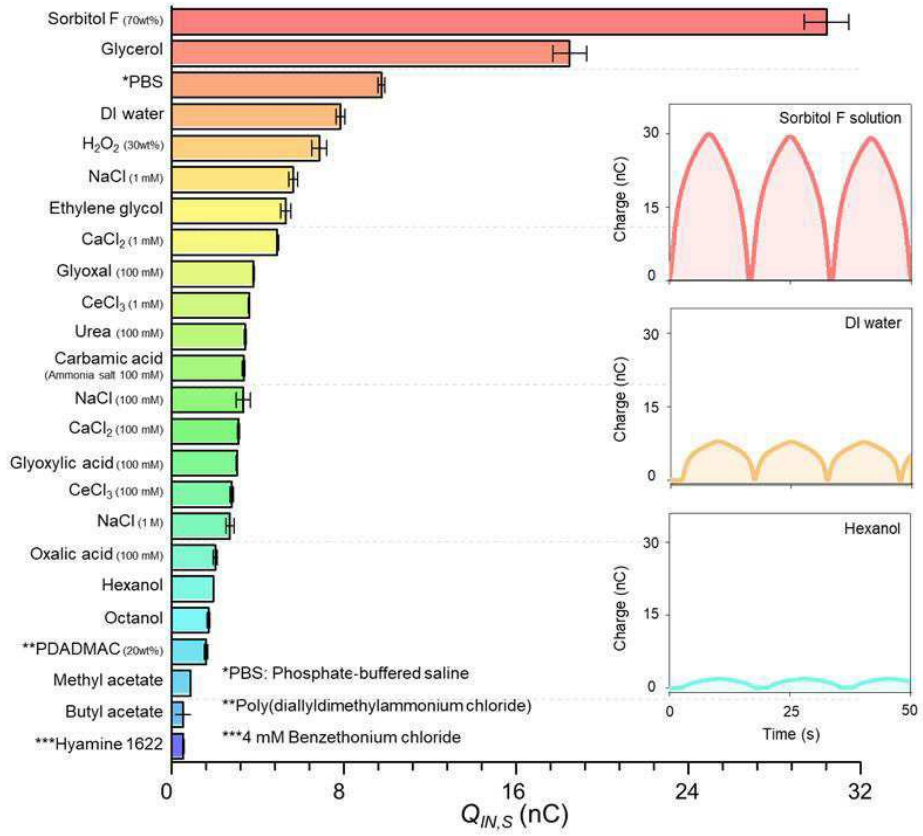
도면1g


Saturation
Q_{IN} (nC)
Cycles
0
1
2
3
4
0
10
20
30
40
50
60
70

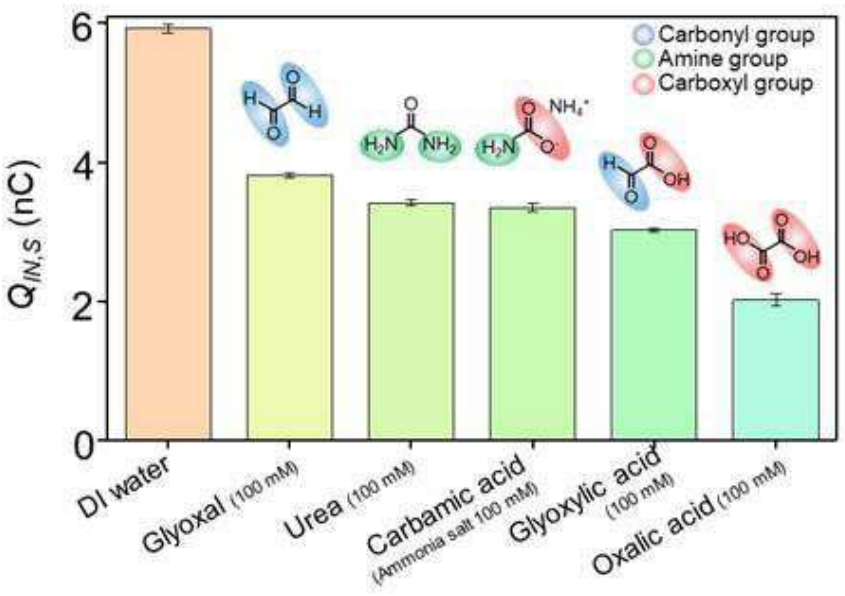
도면1h


N. S.
Normalized $Q_{IN,S}$ (a. u.)
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
150
250
350
Velocity, u (mm/min)

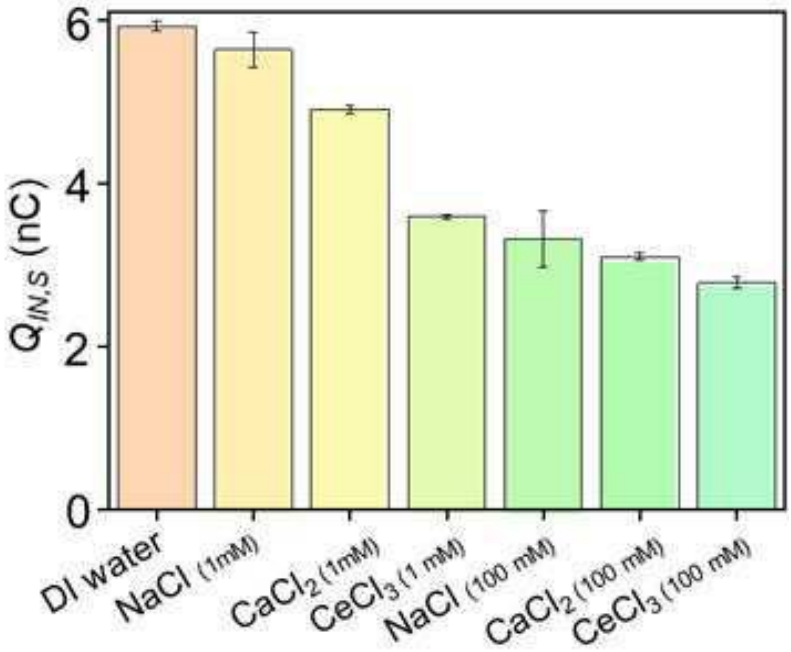
도면2a


Sorbitol F (70wt%)
Glycerol
*PBS
DI water
H_2O_2 (30wt%)
NaCl (1 mM)
Ethylene glycol
$CaCl_2$ (1 mM)
Glyoxal (100 mM)
$CeCl_3$ (1 mM)
Urea (100 mM)
Carbamic acid
(Ammonia salt 100 mM)
NaCl (100 mM)
$CaCl_2$ (100 mM)
Glyoxylic acid (100 mM)
$CeCl_3$ (100 mM)
NaCl (1 M)
Oxalic acid (100 mM)
Hexanol
Octanol
**PDADMAC (20wt%)
Methyl acetate
Butyl acetate
***Hyamine 1622
*PBS: Phosphate-buffered saline
**Poly(diallyldimethylammonium chloride)
***4 mM Benzethonium chloride
0
8
16
24
32
$Q_{IN,S}$ (nC)
Sorbitol F solution
DI water
Hexanol
Charge (nC)
30
15
0
0
25
50
Time (s)

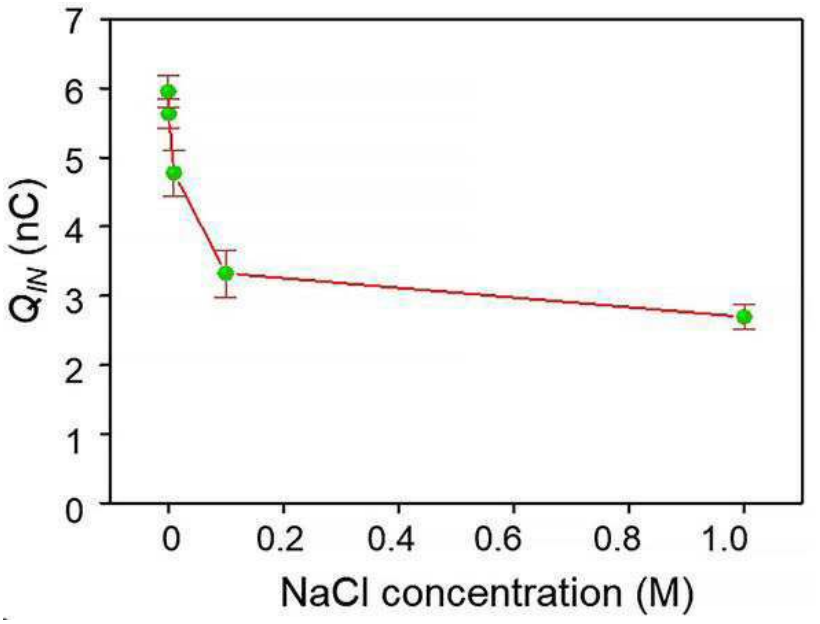
도면2b


Carbonyl group
Amine group
Carboxyl group
$Q_{IN,S}$ (nC)
0
2
4
6
DI water
Glyoxal (100 mM)
Urea (100 mM)
Carbamic acid
(Ammonia salt 100 mM)
Glyoxylic acid
(100 mM)
Oxalic acid (100 mM)

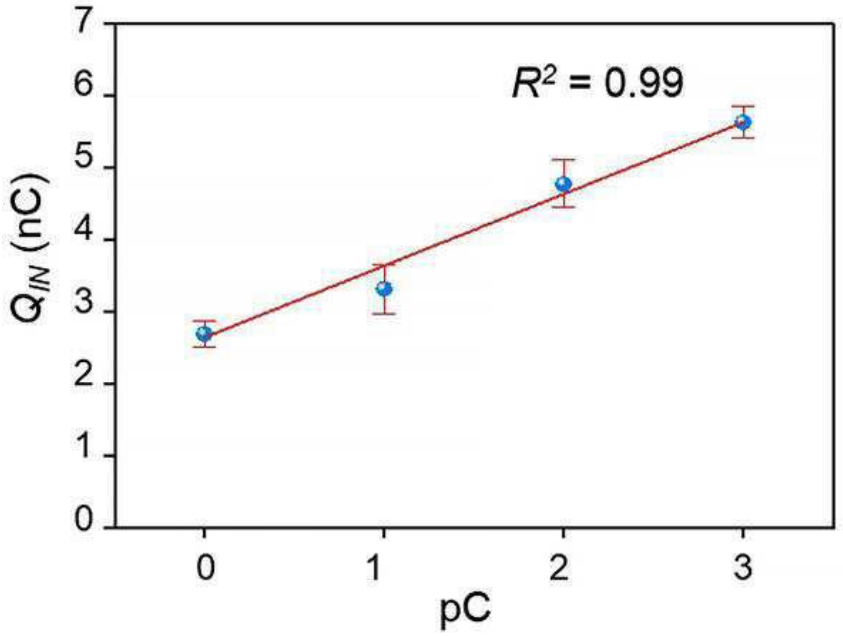
도면2c


$Q_{IN,S}$ (nC)
0
2
4
6
DI water
NaCl (1mM)
$CaCl_2$ (1mM)
$CeCl_3$ (1 mM)
NaCl (100 mM)
$CaCl_2$ (100 mM)
$CeCl_3$ (100 mM)

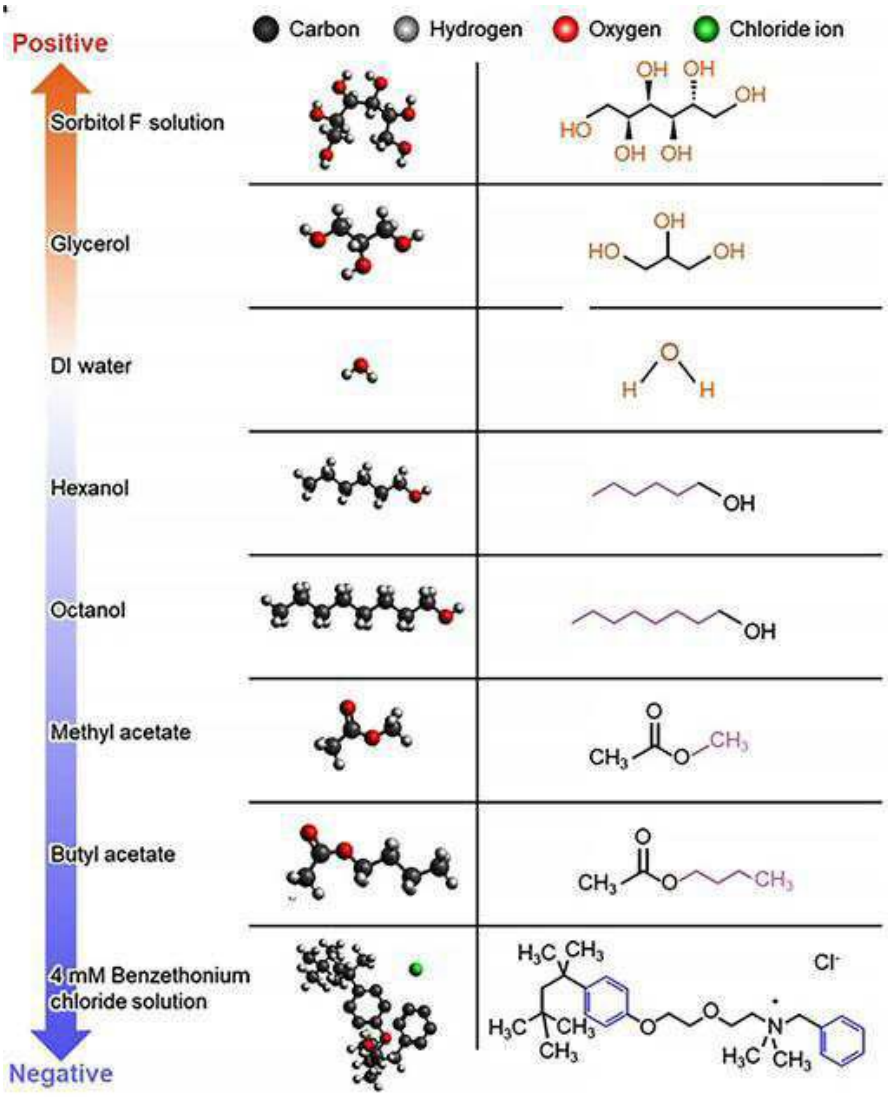
도면3a


7
6
5
4
3
2
1
0
Q_{IN} (nC)
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
NaCl concentration (M)

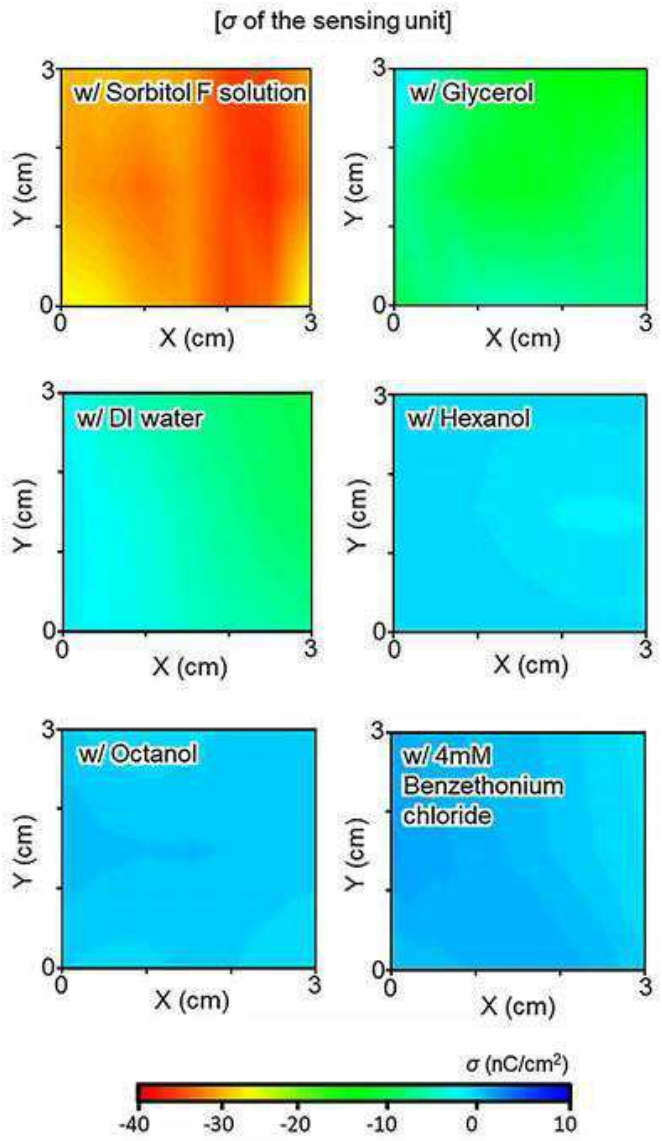
도면3b


R^2 = 0.99
7
6
5
4
3
2
1
0
Q_{IN} (nC)
0
1
2
3
pC

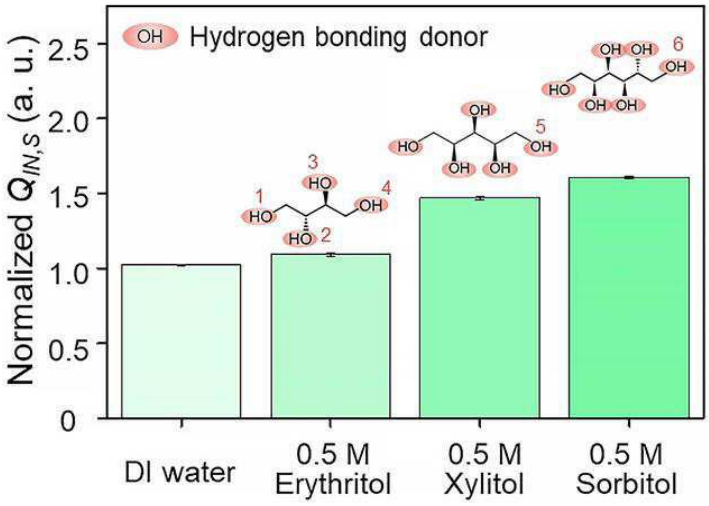
도면4a


Positive
Carbon
Hydrogen
Oxygen
Chloride ion
Sorbitol F solution
Glycerol
DI water
Hexanol
Octanol
Methyl acetate
Butyl acetate
4 mM Benzethonium chloride solution
Negative

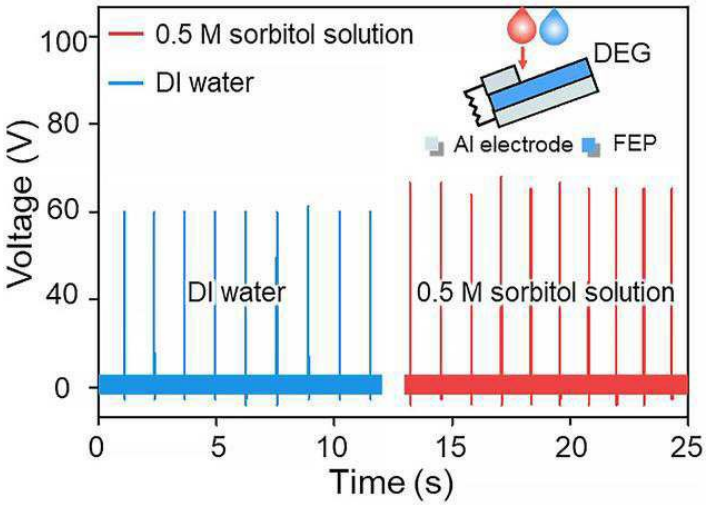
도면4b


[σ of the sensing unit]
w/ Sorbitol F solution
w/ Glycerol
w/ DI water
w/ Hexanol
w/ Octanol
w/ 4mM Benzethonium chloride
Y (cm)
X (cm)
0
3
σ (nC/cm²)
-40
-30
-20
-10
0
10

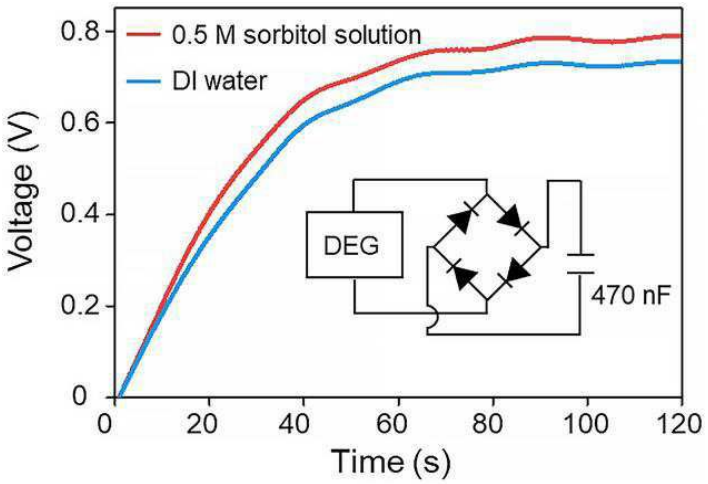
도면5a


OH Hydrogen bonding donor
Normalized $Q_{IN,S}$ (a. u.)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
DI water
0.5 M Erythritol
0.5 M Xylitol
0.5 M Sorbitol

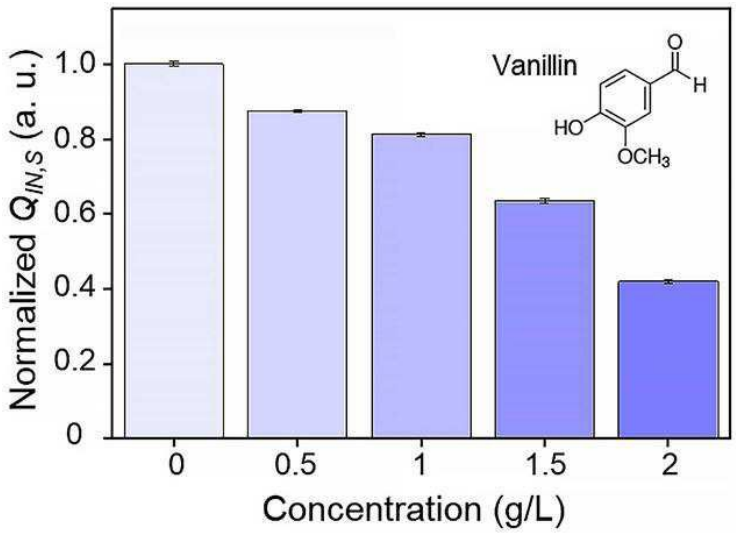
도면5b



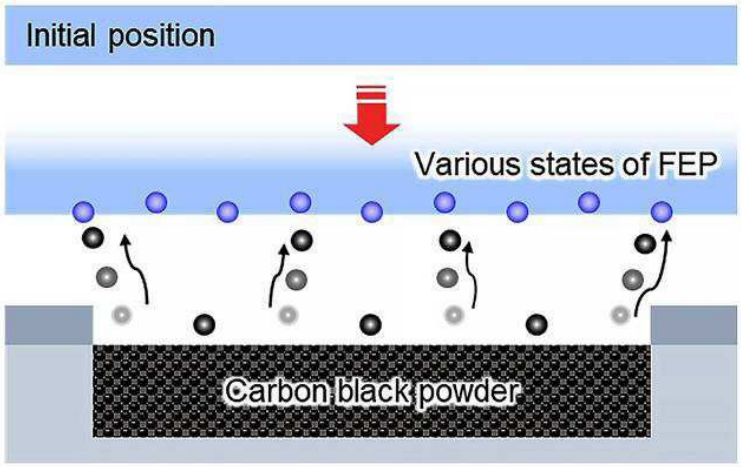
도면5c



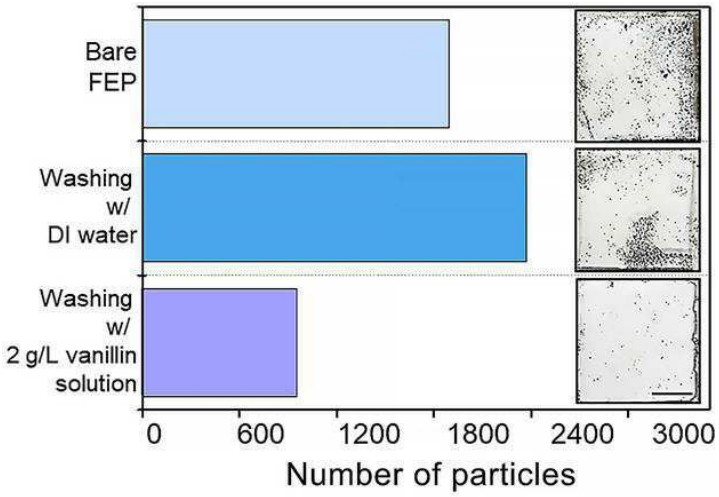
도면5d



도면5e


Initial position
Various states of FEP
Carbon black powder

도면5f


Bare FEP
Washing w/ DI water
Washing w/ 2 g/L vanillin solution
0
600
1200
1800
2400
3000
Number of particles