

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
H01M 4/00

(45) 공고일자 2000년 12월 15일

(11) 등록번호 10-0275602

(24) 등록일자 2000년 09월 22일

| | | | |
|------------|----------------------------------|-----------|----------------|
| (21) 출원번호 | 10-1992-0013478 | (65) 공개번호 | 특 1993-0003454 |
| (22) 출원일자 | 1992년 07월 28일 | (43) 공개일자 | 1993년 02월 24일 |
| (30) 우선권주장 | 7/736295 1991년 07월 29일 미국(US) | | |
| (73) 특허권자 | 밸런스테크놀로지, 인코포레이티드 | | |
| | 미합중국 캘리포니아 95119 산호세 비아델오로 6781 | | |
| (72) 발명자 | 데니스 포토 | | |
| | 미합중국 매사추세츠 01720 액톤 알링턴 스트리트 359 | | |
| (74) 대리인 | 이병호, 최달용 | | |

심사관 : 양인수

(54) 리튬 록킹 체어 재충전 배터리 및 이를 위한 전극

요약

본 발명은 알칼리 금속염이 용해되어 있는 상호 투과성 이온전도성 액체를 함유하는 매트릭스에 함유된 실질적으로 무정형인 탄소를 포함하는 탄소/중합체 복합 전극에 관한 것이다.

명세서

[발명의 명칭]

리튬 록킹 체어 재충전 배터리 및 이를 위한 전극

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 전기화학 전기(electrochemical cell)에 관한 것이며, 특히 리튬 록킹 체어 재충전 배터리(rechargeable lithium rocking chair battery)에서 음극으로서 사용되는 전극에 관한 것이다.

고체 상태 전기화학 전지는 전형적으로 알칼리 금속 음극(anode), 이온화 가능한 알칼리 금속 염을 함유하는 이온 전도성 중합체성 전해질 및 양극(cathode)으로 조립되어 있다. 양극은 보통 활성 물질, 금속염, 중합체성 전해질 및 전도성 충전제(예: 카본 블랙)의 혼합물을 제조하고 당해 혼합물을 집전장치(current collector)로서 작용하는 금속 호일(foil) 위에 도포함으로써 형성시킨다. 알칼리 금속 음극으로서 리튬 금속을 사용하여 위의 방식으로 형성시킨 전기화학 전지가 휴대용 배터리 전력을 필요로 하는 많은 용도에 널리 이용되는 것으로 밝혀졌는데, 이는 위의 방식으로 형성시킨 리튬 배터리가 에너지 밀도가 높기 때문이다.

그러나, 리튬 금속은, 리튬 배터리를 재충전 배터리로 만드는 경우, 아저에 관련된 문제점의 주요한 원인이 되는 것으로 널리 간주되어 왔다. 이러한 배터리의 충전은 리튬 이온을 금속성 리튬으로 전환시키고, 배터리 구조물에 금속성 리튬이 바람직하지 못한 위치에 존재하면 배터리가 폭발할 수 있다.

이러한 단점을 극복하기 위해 제안되어온 하나의 방법은 내위첨가 화합물(intercalation compound)을 기재로 하는 양극과 커플링(coupling)된 내위첨가 화합물을 기재로 하는 음극을 사용하는 것이다. 이러한 전극을 이용하는 전기화학 전지에서는 충전과 방전 과정이 아래에 기재하는 바와 같이 리튬 금속의 형성 없이 달성될 수 있다.

위에 기재한 전지의 방전시, 음극에 내위첨가(內位添加)된 리튬은 음극으로부터 리튬 이온으로서 전해질 속으로 방전된다. 양극에서의 상응하는 작용으로 리튬 이온이 활성 양극 물질 속으로 내위첨가된다. 생성된 방전된 전지의 상태가 변하게 되는 경우, 두 전극에서 역과정이 일어나는데, 리튬 이온이 양극으로부터 방전되어 음극의 활성 물질 속으로 내위첨가된다. 전체 과정은 어떤 단계에서도 리튬 금속의 형성을 수반하지 않는다. 이러한 전극으로부터 제조된 배터리는 알칼리 금속 이온이 음극과 양극 사이에서 전후로 이동하기 때문에 "록킹 체어" 배터리라고 한다. 내위 첨가 전극과 록킹 체어 배터리는 공지되어 있다. 예를 들어, 후퍼(Hooper) 등에게 허여된 미합중국 특허 제4,631,810호에는, 아세토니트릴 중의 산화바나듐, 아세틸렌 블랙 및 폴리에틸렌 옥사이드의 분산액을 니켈 호일 집전장치에 도포하고 용매를 제거하는, 내위첨가 화합물을 기재로 하는 양극의 제조방법이 기재되어 있다. 그러나, 리튬 내위첨가 전극을 제조하기 위한 다른 해결 방안이 필요하다.

따라서, 본 발명의 목적은 리튬 이온의 내위첨가에 근거한 재충전 배터리에서 음극으로서 사용하기 위한 전극을 제공하는 것이다.

본 발명의 추가의 목적은 100mA/cm² 이상의 전류 밀도 및/또는 1.4mAh/cm² 이상의 저장 용량을 수득할 수 있는 전극을 제공하는 것이다.

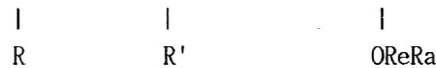
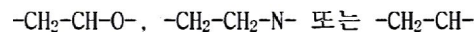
본 발명의 위와 같은 목적과 다른 목적은 알칼리 금속 염이 용해되어 있는 용매를 포함하는 투과성 이온

전도성 비수성 액체를 함유하는 중합체성 매트릭스(matrix) 속에 분산되어 있는 무정형 탄소를 필수적으로 포함함을 특징으로 하고, 재충전 리튬 배터리에서 음극으로서 유용한 탄소/중합체 복합 전극을 제공함으로써 달성되었다. 본 발명의 바람직한 양태에서, 중합체와 투과성 이온 전도성 액체는 함께 중합체-호스트(host) 네트워크 전해질을 나타낸다[참조: 미합중국 특허 제4,925,752호 및 제4,990,413호]. 재충전 배터리에서 양극은 리튬 내위침가 화합물을 기재로 하는 전극이고, 바람직하게는 리튬 바나듐 옥사이드 또는 리튬 코발트 옥사이드이다.

본 발명의 전류 밀도를 $100\text{mA}/\text{cm}^2$ 이상으로 유지할 수 있으며 저장 용량이 $1.4\text{mAh}/\text{cm}^2$ 이상인 전극을 제공한다. 본 발명의 하나의 독특한 특징은 사실상 무정형이거나 고도로 불규칙한 형태의 탄소를 사용한다는 점이다. 배터리 기술 분야에서의 통상적인 교시는 규칙적인 결정성 형태의 흑연과 기타 규칙적인 결정성 형태의 탄소가 금속 이온이 내위침가될 수 있는 규칙적인 구조를 제공하기에 바람직하다는 점이다. 이와는 반대로, 본 발명의 전극에 사용되는 탄소는 사실상 무정형이거나 고도로 불규칙한 형태의 탄소이다. 예를 들어, 무정형 탄소는 활성 탄소, 아세틸렌 블랙, 샤위니간 블랙(Shawinigan black) 등일 수 있다. 아세틸렌 블랙 또는 샤위니간 블랙은 본 발명이 전극을 제조하기 위해 사용되는 바람직한 무정형 탄소이다. 본 명세서에서 사용하는 "사실상 무정형 탄소"란, 약 80% 이상이 비결정성이거나 미세결정성인 탄소(당해 결정의 약 80% 이상은 랜덤하게 배열되어 있다)를 의미한다. 바람직하게는, 탄소의 비결정성 또는 미세결정성 랜덤 배열은 약 90% 이상이며, 특히 거의 약 100%가 비결정성이거나 미세결정성 랜덤 배열을 갖는 탄소가 바람직하다. 무정형 또는 미세결정성 탄소를 결정성 탄소(예: 흑연 및 다이아몬드)와 비교한 문헌[참조: Pauling, L. "College Chemistry"(1957) W. H. Freeman & Co., San Francisco 또는 Moller, T. "Inorganic Chemistry"(1958) J. Wiley & Son, London]을 참조한다. 본 발명의 바람직한 양태에서 탄소 물질은 입자 직경이 약 5mm 미만, 보다 바람직하게는 약 1mm 미만이고, 표면적이 $20\text{m}^2/\text{g}$ 을 초과하거나, 보다 바람직하게는 $50\text{m}^2/\text{g}$ 을 초과한다.

이온 전도성 액체가 투과되고, 복합 전극을 형성하기 위해 무정형 탄소를 보유하기 위한 매트릭스로서 작용하는 중합체성 네트워크는 전도성 중합체로부터 형성될 수 있거나 비저도성 중합체의 지지 매트릭스 일 수 있다.

전도성 중합체성 네트워크를 형성하는 데 사용할 수 있는 중합체의 예는 미합중국 특허 제 4,303,748호에 기재되어 있다. 당해 중합체들은 산소원자 또는 질소원자와 같은 헤테로 원자를 하나 이상 함유하는



반복 단위(repeating unit)를 갖는다. 이들은 반복 단위 [여기서, R은 수소 또는 그룹 Ra, $-\text{CH}_2\text{OR}$, $-\text{CH}_2\text{OReRa}$ 또는 $-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$ 이고, R'dms Ra 또는 ReRa이고, Ra는 탄소수 1 내지 16, 바람직하게는 탄소수 1 내지 4의 알킬 그룹이거나 탄소수 5 내지 8의 사이클로알킬 그룹이고, Re는 $-\text{[CH}_2-\text{CH}_2\text{O}]_p-$ 의 에테르 그룹(여기서, p는 1 내지 100의 정수, 바람직하게는 1 또는 2이다)]를 갖는 중합체로서 나타낼 수 있다. 당해 중합체들의 공중합체도 유용할 수 있다.

본 발명의 전극에 있어서, 중합체는 전지가 충전, 방전 및 재충전되면서 가교결합되어 복합 전극에 물리적 일체성을 제공하기에 충분한 정도로 단단한 네트워크를 형성한다. 당해 중합체는 여러 가지 방법으로 가교결합될 수 있다. 예를 들어, 안드레(Andre) 등에게 허여된 미합중국 특허 제4,357,401호에는 에틸렌 디아민에 의해 가교 결합된 PEO-PPG 공중합체가 기재되어 있다. 중합체가 1급 알콜, 2급 알콜 또는 아민 잔기를 포함하는 경우, 중합체는 폴리이소시아네이트와 같은 가교 결합제와의 반응에 의해 가교결합될 수 있다. 예를 들어, 폴리에틸렌 옥사이드는 또한 가교결합제[예: 폴리(에틸렌 글리콜) 디아크릴레이트]와 열적 유리(free) 라디칼 개시제[예: 2,2'-아조비스(2-메틸프로피오니트릴)]를 사용하여 가교결합시킬 수 있다[참조: 미합중국 특허 제115,492호(1987. 10. 30.) 및 제173,385호(1988. 3. 25.)(현재 미합중국 특허 제4,830,939호), 및 미합중국 특허 제3,734,876호]. 방사선 및 열적으로 개시된 유리 라디칼 부가 반응은 또한 가교결합된 중합체성 네트워크를 형성하는 데 사용할 수 있다.

가교결합된 전도성 매트릭스를 제공하기 위한 방사선 중합성 화합물의 특히 유용한 그룹은 저분자량 폴리에틸렌 글리콜을 아크릴산 또는 메타크릴산과 반응시킴으로써 수득된다. 또한, 아크릴화 에폭시와 같은 방사선 경화성 물질, 예를 들어, 아크릴화 에폭시(예: 비스페놀 A 에폭시 디아크릴레이트), 폴리에스테르아크릴레이트, 글리시딜 에테르와 아크릴레이트와의 공중합체 또는 비닐 화합물(예: N-비닐피롤리돈)이 본 발명에서 유용하다. 비닐 화합물은 비전도성 매트릭스를 제공한다.

바람직하게는, 위에 기재한 방사선 중합성 폴리에틸렌계 불포화 화합물은 분자량이 약 200 내지 2,000. 보다 바람직하게는 200내지 800이다. 더욱 바람직하게는, 이들 화합물은 30°C 미만의 온도에서 액체이다. 방사선 경화성 물질의 예에는 폴리에틸렌 글리콜-300 디아크릴레이트(PEO 평균 분자량 약 300), 폴리에틸렌 글리콜-480 디아크릴레이트(PEO 평균 분자량 약 480) 및 상응하는 메타크릴레이트가 포함된다.

유리전이온도를 감소시키고 중합체의 전도도를 개선시키기 위해 조성물 중에 방사선 경화성 단량체를 포함시키는 것이 바람직할 수 있다. 적합한 모노아크릴레이트(예: 테트라하이드로푸르푸릴 아크릴레이트, 테트라하이드로푸르푸릴 메타크릴레이트, 메톡시폴리에틸렌 글리콜 모노메타크릴레이트, 2-에톡시에틸 아크릴레이트, 2-에톡시 에틸 아크릴레이트 또는 사이클로헥실 메타크릴레이트)가 위의 목적을 위해 사용될 수 있다. 트리아크릴레이트[예: TMPTA, 트리메틸올프로판 에톡시화 트리아크릴레이트(TMPEOTA) 또는 트리메틸올프로판 프로폭시 트리아크릴레이트]가 중합체의 가교결합을 도입시키기 위해 사용될 수 있다. 모노아크릴레이트가, 방사선 중합성 물질의 총량을 기준으로 하여, 약 5 내지 50중량%의 양으로 사용될 수 있다. 트리아크릴레이트는 위와 동일한 기준으로 약 2 내지 30중량%의 양으로 사용된다.

가교결합된 비전도성지지 중합체의 예는 바우어(Bauer) 등에게 허여된 미합중국 특허 제 4,654,279호에 기재되어 있으며 에폭시, 폴리우레탄, 폴리메타크릴레이트, 폴리아크릴레이트, 폴리아크릴로니트릴 및 폴리스티렌이 포함된다.

이온 전도성 액체 투과 상을 형성하는 방사선 불활성 액체는 임의의 저휘발성 비양성자성 극성 용매일 수 있다. 바람직하게는, 위의 물질들은 비점이 약 80℃를 초과하는 것이 특징이다. 저휘발성은 제조를 단순화시키고 저장 수명을 개선시킨다. 대표적인 예는 프로필렌 카보네이트, 감마-부티로락톤, 1,3-디옥솔란 및 2-메틸테트라하이드로푸란이다. 알칼리 금속 양이온을 결합시킬 수 있는 헤테로 원자를 갖는 저극성 용매가 또한 유용하다. 폴리에틸렌 글리콜 디메틸 에테르(PEGDME)가 이러한 하나의 예이다. 테트라글라임, 헥사글라임 및 헵타글라임과 같은 글라임도 바람직한 용매이다. 바람직하게는, 액체는 프로필렌 카보네이트이다.

본 발명에서 유용한 이온화 가능한 알칼리 금속 염은 고체 상태 전기화학 전지에서 통상적으로 사용되는 염, 예를 들어, 리튬염, 나트륨염, 칼륨염 또는 암모늄염을 포함한다. 바람직한 예에는 음이온성 반경이 큰 약염기의 이동성이 적은 음이온의 나트륨염 및 리튬염이 있다. 이러한 음이온의 예들은 I^- , Br^- , SCN^- , ClO_4^- , BF_4^- , PF_6^- , AsF_6^- , CF_3COO^- , $CF_3SO_3^-$ 등으로 구성된 그룹에서 선택될 수 있다. 이러한 염의 대표적인 특정 예에는 $LiClO_4$, $NaClO_4$, LiF_3CSO_3 , $LiBF_4$ 등이 포함된다.

염은 전해질에서 이의 용해도 한계를 초과하지 않는 양 이하로 사용할 수 있다. 따라서, 사용량은 액체 용매의 특성에 따라 변할 것이다. 일반적으로, 염은 용해도 한계 내에서 최대량으로 사용되어야만 전해질의 이온 전도성을 최대화 할 수 있다. 대부분의 적용에서, 액체상 100부당 약 10 내지 60부의 염이 사용된다.

본 발명의 음극과 함께 사용되는 양극을 형성하는 데 유용한 내위첨가 화합물과 전기 전도성 물질은 당해 분야에 널리 공지되어 있으며, 금속 산화물, 황화물 및 셀레늄화물이 포함된다. 내위첨가 화합물의 대표적인 예에는 V_3O_8 , V_6O_{13} , V_2O_5 , MnO_2 , MoO_2 , MoS_3 , Cr_3O_6 , $LiCoO_2$, $Li_xV_3O_8$, TiS_2 등이 포함된다. 바람직한 내위첨가 화합물은 리튬을 함유하는 산화바나듐 또는 $LiCoO_2$ 이다. 내위첨가 화합물은 바람직하게는 입자 크기가 1 μ 미만이지만 약 20 μ 이하일 수 있다. 기타 예는 위에 언급한 미합중국 특허 제4,925,752호 및 제4,822,701호에서 찾아볼 수 있다.

양극에서 전도성 충전제는 대개 카본 블랙이다. 특성의 전도성 중합체(이는 이중결합의 공액 네트워크가 특징이다)(예: 폴리피롤 및 폴리아세틸렌)가 또한 위의 목적을 위해 사용될 수 있다.

본 발명에 따르는 음극을 제조하기 위해, 가교결합되지 않은 중합체 또는 중합되지 않은 단량체 또는 올리고머 및, 필요한 경우, 개시제 또는 가교결합제의 혼합물을 제조하여 이온 전도성 액체, 이온화 가능한 염 및 무정형 탄소와 함께 블렌딩(blending)한다. 블렌딩은 진탕, 예를 들어, 교반 등으로 수행하여 무정형 탄소 입자가 혼합물 속에 개별적으로 균질하게 분산되도록 한다. 바람직하게는, 블렌딩은 불활성 대기하에 약 60℃의 주위온도에서 수행한다. 탄소의 무정형 특성 때문에, 생성된 용액의 점도는 75℃에서 약 8,000cp를 초과하고, 바람직하게는 75℃에서 약 10,000cp를 초과한다.

음극은 집전장치, 예를 들어, 금속 호일 부재(member) 위에 혼합물을 피복시키고 조성물을 경화시켜 제조한다. 전형적인 호일은 리튬 호일, 또는 니켈 또는 구리에 리튬이 피복된 호일 등이다. 조성물은 닥터 블레이드(doctor blade)와 같은 통상적인 피복 기술을 사용하는 용매 피복법으로 피복할 수 있거나 압출 방법을 사용할 수 있다. 음극은 약 10 내지 100 μ , 전형적으로는 30 내지 60 μ 의 두께로 피복한다.

용매 캐스팅법을 사용하는 경우, 음극 조성물은 위의 성분 이외에, 휘발성 용매(예: 테트라하이드로푸란)를 함유할 것이다. 용매 캐스팅법을 사용하는 경우, 피복 후에 용매를 제거하여 조성물을 경화시킨다.

본 발명에 따르는 음극 조성물은 최종 중합체성 전해질 조성물 100중량부당 약 10 내지 50중량부, 바람직하게는 약 25 내지 35중량부의 무정형 탄소, 약 0 내지 10중량부의 전도성 충전제, 약 0 내지 20중량부의 이온화 가능한 금속 염, 약 45 내지 80중량부의 이온 전도성 액체 및 약 20 내지 55중량부, 바람직하게는 약 25 내지 40중량부의 가교결합된 중합체를 함유한다.

본 발명의 하나의 양태에서, 위의 방법으로 제조한 무정형 탄소/중합체 복합 음극은 위에 기재한 바와 같은 중합체 호스트 네트워크 전해질로 피복된다. 생성된 복합 전극은 전자 빔 방사선으로 경화된다. 중합체 복합 양극은 니켈 지지체에 V6013/탄소/중합체 복합체를 피복시키고 전자 빔 방사선으로 경화시킴으로써 형성된다. 경화된 복합 양극은 전기화학적 수단으로 리튬화시키고 음극/전해질 복합체 표면에 적층시킨다. 생성된 전기화학 전지는 개방 회로 전압이 약 3볼트이며 당해전압과 0볼트 사이에서 반복적으로 순환시킬 수 있다.

본 발명의 또 다른 양태는 음극과 양극 모두로서 무정형 탄소/중합체 복합 전극을 이용한다. 전극들은 위에 기재한 바와 같이 제조되며 전극들 사이에 중합체 호스트 네트워크 전해질이 적층된다. 적층 전에 음극으로 이용될 전극은 전기 화학적 수단으로 리튬화시킨다. 생성된 전기화학 전지는 개방 회로 전압이 약 1.5볼트이며 당해 전압과 0볼트 사이에서 반복적으로 순환시킬 수 있다.

실시예

아세틸렌 블랙(Chevron, 100% 압축)을 진공하에 100℃에서 48시간 동안 건조시켜 함수량 수준이 100ppm 미만으로 되도록 한다. 50ppm 미만의 물을 함유하는 고순도 프로필렌 카보네이트(PC) 62g을 불활성 대기하에서 이중 유성형 혼합기(double planetary mixer)에 넣는다. 50ppm 미만의 물을 함유하는 고분자량(분자량 = 900,000) 폴리에틸렌 옥사이드(PEO) 1.5g을 PC에 가한다. 이어서, 혼합기 내용물을 불활성 대기하에서 60℃로 가열하고 60rpm에서 교반한다. PC/PEO 혼합물을 약 0.5시간 동안 또는 PEO가 완전히 용해될 때까지 교반한다. 이어서, 분자량이 400 내지 600이고 함수량이 500ppm 미만인 폴리에틸렌 글리콜 디아크릴레이트(PEGDA) 14g과 함수량이 50ppm 미만인 고분자량 트리메틸올프로판 에톡실레이트 트리아크릴레이트(TMPEOTA) 2.5g을 가하고 혼합물이 균질해질 때까지 교반한다. 균질한 혼합물에 미리 건조시킨 탄소 물질 20g을 가한다. 복합 음극 전구체 혼합물을 불활성 대기하에 60℃에서 2시간 동안 교반하여,

무정형 탄소 입자가 개별적으로 균일하게 분산되도록 한다. 탄소 물질의 특성 때문에, 복합 음극 전구체의 점도는 75℃에서 10,000cp보다 높다. 복합 음극 전구체의 겔보기 밀도는 약 1.2g/cm³이다. 복합 음극 전구체 약 100mg을 10cm²가 표면처리된 두께 25mm의 니켈 집전장치에 얇은(75 내지 85mm) 단일층으로 피복한다. 이어서, 음극 전구체 적층물을 전자 빔(1 내지 9 Mrad)에 노출시켜 경화시키거나, 중합체 전해질 전구체로 오버코팅(overcoating)시킨 다음, 동일한 방법으로 경화시킨다.

리튬화된 복합물 Li₈V₆O₁₃을 기재로 하는 양극(15mAh/cm²)은 탄소를 기재로 하는 복합 음극의 전면에 탑재한다. 전지는 100mA/cm²의 전류 밀도에서 방전된다. 탄소를 기재로 하는 복합 음극의 첫번째 충전 동안 약 1.4mAh/cm²의 용량이 관찰된다. 탄소 복합 음극의 첫번째 충전에 이어서, 음극을 동일한 전류 밀도에서 방전시킨 후, 충전 용량의 약 50 내지 60%가 이용 가능하다. 추가로 순환시키면, Li/V₆O₁₃ 전지에서 관찰되는 것과 유사하게 용량이 감소되는 것을 알 수 있다.

당해 명세서에서 언급된 모든 공보와 특허원들은 각각의 공보와 특허원이 구체적으로 그리고 개별적으로 참조로 인용되는 것과 같이 본원에서 참조로 인용된다.

이제 본 발명을 충분히 기술하였으므로, 첨부된 특허청구의 범위의 취지 또는 범위에서 벗어나지 않고 많은 변화와 변형이 이루어질 수 있음이 본 발명의 숙련가에게 명백할 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

중합체성 매트릭스, 80% 이상이 비결정성이나 미세결정성인 사실상 무정형 탄소(당해 결정의 80% 이상은 랜덤하게 배열되어 있고, 중합체성 매트릭스 속에 균일하게 분산, 포획되어 있다) 및 알칼리 금속 염이 용해되어 있는 용매를 포함하며 매트릭스 속에 함유되는 투과성 이온 전도성 비수성 액체를 포함하는 탄소/중합체 복합 음극.

청구항 2

제1항에 있어서, 사실상 무정형 탄소가 아세틸렌 블랙 또는 샤위니간(Shawinigan black)인 음극.

청구항 3

제2항에 있어서, 용매가 저휘발성 비양성자성 용매인 음극.

청구항 4

제3항에 있어서, 중합체가 전도성 중합체인 음극.

청구항 5

제1항에 있어서, 중합체의 적어도 일부분이 폴리에틸렌 옥사이드 단량체로부터 형성되는 음극.

청구항 6

제5항에 있어서, 용매가 프로필렌 카보네이트, 감마-부티로락톤, 1,3-디옥솔란 및 2-메틸테트라하이드로 푸란으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 음극.

청구항 7

제1항에 있어서, 사실상 무정형 탄소의 표면적이 약 20m²/g을 초과하는 음극.

청구항 8

제7항에 있어서, 사실상 무정형 탄소의 표면적이 약 50m²/g을 초과하는 음극.

청구항 9

제1항에 있어서, 사실상 무정형 탄소의 입자 크기 직경이 약 5mm 미만인 음극.

청구항 10

음극(anode), 양극(cathode) 및 중합체성 전해질을 포함하는 전기화학 전지로서, 음극이 중합체성 매트릭스, 80% 이상이 비결정성이거나 미세결정성인 사실상 무정형 탄소(당해 결정의 80% 이상은 랜덤하게 배열되어 있고, 중합체성 매트릭스 속에 균일하게 분산, 포획되어 있다) 및 알칼리 금속 염이 용해되어 있는 용매를 포함하며 매트릭스 속에 함유되는 투과성 이온 전도성 비수성 액체를 포함하는 전기화학 전지.

청구항 11

제10항에 있어서, 양극이 내위첨가된 리튬 이온 또는 LiCoO₂를 함유하는 산화바나듐 조성물인 전기화학 전지.

청구항 12

제11항에 있어서, 사실상 무정형 탄소가 아세틸렌 블랙 또는 샤위니간 블랙인 전기화학 전지.

청구항 13

제12항에 있어서, 음극이 내위첨가된 리튬 이온을 함유하는 전기화학 전지.

청구항 14

제13항에 있어서, 용매가 저휘발성 비양성자성 용매인 전기화학 전지.

청구항 15

제14항에 있어서, 중합체가 전도성 중합체인 전기화학 전지.

청구항 16

제15항에 있어서, 용매가 프로필렌 카보네이트, 감마-부티로락톤, 1,3-디옥솔란 및 2-메틸테트라하이드로푸란으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 전기화학 전지.

청구항 17

제10항에 있어서, 중합체의 적어도 일부분이 폴리에틸렌 옥사이드 단량체로부터 형성되는 전기화학 전지.

청구항 18

제10항에 있어서, 사실상 무정형 탄소의 표면적이 약 $20\text{m}^2/\text{g}$ 을 초과하는 전기화학 전지.

청구항 19

제10항에 있어서, 사실상 무정형 탄소의 표면적이 약 $50\text{m}^2/\text{g}$ 을 초과하는 전기화학 전지.

청구항 20

제10항에 있어서, 사실상 무정형 탄소의 입자 크기 직경이 약 5nm 미만인 전기화학 전지.