



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0137393  
(43) 공개일자 2014년12월02일

- |   |   |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>H01M 4/62 (2006.01) H01M 4/587 (2010.01)<br/>H01M 4/02 (2006.01) H01M 4/42 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2014-7026867</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2013년02월28일<br/>심사청구일자 2014년09월25일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2014년09월25일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/054092</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2013/127953<br/>국제공개일자 2013년09월06일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>10 2012 203 194.4 2012년03월01일 독일(DE)</p> | <p>(71) 출원인<br/>프라운호퍼-게젤샤프트 추르 피르데룽 데어 안제 반덴 포르슈 에 파우<br/>독일 80686 뮌헨 한자슈트라쎄 27 체</p> <p>(72) 발명자<br/>노아크 옌스<br/>독일 76327 핀즈탈 리스백 14<br/>튀브케 옌스<br/>독일 76337 발트브론 루헤슈타인백 17<br/>핀크바르트 카르슈텐<br/>독일 76327 핀즈탈 타우벤슈트라쎄 17</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인코리아나</p> |
|---|---|

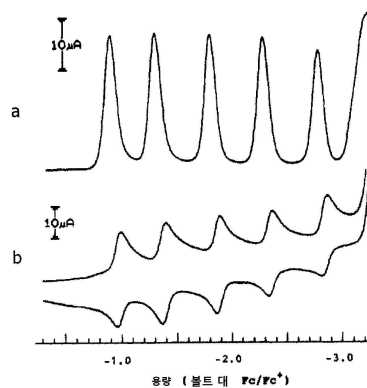
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **플러렌 및 이온성 액체의 현탁액을 함유하는 전기화학 반전지를 갖는 갈바니 전지를 포함하는 전기화학 에너지 저장 장치 또는 에너지 전환 장치**

**(57) 요약**

본 발명은 하나 이상의 플러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하는 전기화학 반전지에 관한 것이다.

**대표도** - 도1



도 1: [5,6]-플러렌-C<sub>60</sub><sup>-6</sup>의 [5,6]-플러렌-C<sub>60</sub>로의 환원 피크  
(a) 시차-펄스-전압전류법 (80 mV 펄스, 50 ms 펄스 너비, 200ms 펄스 길이, 10 mV/s 스캔 속도)  
(b) 순환-전압전류법 (25°C 에서 CH<sub>3</sub>CN/톨루엔 중 C<sub>60</sub>의 100mV/s)

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하는 전기화학 반전지.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 풀러렌이 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub>, [5,6]-풀러렌-C<sub>70</sub>, 풀러렌-C<sub>76</sub>, 풀러렌-C<sub>78</sub>, 풀러렌-C<sub>80</sub>, 풀러렌-C<sub>82</sub>, 풀러렌-C<sub>84</sub>, 풀러렌-C<sub>86</sub>, 풀러렌-C<sub>90</sub> 또는 이의 혼합물, 바람직하게는 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 및/또는 [5,6]-풀러렌-C<sub>70</sub>, 특히 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 로 이루어지는 군으로부터 선택되는 전기화학 반전지.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서, 풀러렌이 현탁액의 형태, 특히 이온성 액체를 갖는 현탁액의 형태로 존재하는 전기화학 반전지.

**청구항 4**

제 3 항에 있어서, 이온성 액체가 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-클로라이드, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오르포스페이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오르보레이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-트리플루오르메탄술포네이트, 1-부틸-1-메틸-피롤리디늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 부틸-트리메틸암모늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 콜린-디히드로젠포스페이트, 에틸암모늄니트레이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-브로마이드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-디시안아미드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-에틸술포에이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-메탄술포네이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨클로라이드, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오르보레이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-테트라플루오르보레이트, 1-메틸-3-프로필-이미다졸륨-요오다이드, 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄-비스-(트리플루오로메틸술포닐)-이미드, 트리메틸술포늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 또는 이의 혼합물, 바람직하게는 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드로 이루어지는 군으로부터 선택되는 전기화학 반전지.

**청구항 5**

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 현탁액의 총 중량을 기준으로 0.1 내지 99.9 중량%, 바람직하게는 1 내지 50 중량%, 더 바람직하게는 1 내지 25 중량%, 더 바람직하게는 5 내지 20 중량%, 특히 10 중량%의 풀러렌을 갖는 현탁액을 포함하는 전기화학 반전지.

**청구항 6**

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 6 개 이하의 전자를 흡수 및/또는 방출할 수 있는 활성 및/또는 애노드 물질을 갖는 전기화학 반전지.

**청구항 7**

전기화학 반전지 둘 이상을 포함하는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치로서,

(i) 제 1 전기화학 반전지가 하기를 포함하고:

- (a) 활성 애노드 물질
- (b) 제 1 전해질, 및
- (c) 제 1 전극,

(ii) 제 2 전기화학 반전지가 하기를 포함하고:

- (a) 활성 캐소드 물질,

(b) 제 2 전해질, 및

(c) 제 2 전극,

(iii) 제 1 전기화학 반전지의 전해질 및 제 2 전기화학 반전지의 전해질이 분리기, 특히 미소공성 분리기를 통해 접촉되고,

(iv) 제 1 전기화학 반전지 및/또는 제 2 전기화학 반전지가 서로 독립적으로 하나 이상의 폴리렌을 포함하는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서, 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질이 하나 이상의 폴리렌을 갖는 현탁액, 특히 하나 이상의 폴리렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액을 포함하는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치.

**청구항 9**

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서, 제 1 및 제 2 전극이 하나 이상의 탄소질 물질, 특히 두 개의 탄소질 물질을 포함하는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서, 탄소질 물질이 시트, 바람직하게는 탄소 섬유 및/또는 탄소 입자 및/또는 탄소 플레이트 및/또는 탄소 나노튜브를 포함하는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서, 시트가 탄소 섬유, 바람직하게는 탄소 펠트 및/또는 탄소 패브릭을 함유하는 직조 또는 부직조 패브릭 시트를 포함하는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치.

**청구항 12**

하나 이상의 폴리렌을 갖는 현탁액의 제공을 포함하는, 전기화학 반전지의 제조 방법.

**청구항 13**

제 7 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 따른 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제조를 위한 제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 따른 전기화학 반전지의 용도.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 하나 이상의 폴리렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하는 전기화학 반전지 및 하나 이상의 폴리렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액을 포함하는 전기화학 반전지에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 또한 본 발명의 전기화학 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치, 및 하나 이상의 폴리렌을 갖는 현탁액의 공급을 포함하는 본 발명의 전기화학 반전지의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0003] 에너지 저장 장치 및/또는 에너지 전환 장치는 화학 에너지가 전극에서의 산화환원 반응에 의해 전기 에너지로 전환되는 갈바닉 전지를 포함한다. 갈바닉 전지는 DC 전압 공급원으로서 사용되고, 산화 및 환원이 서로 별도로 발생하는 둘 이상의 전기화학 반전지를 포함한다. 갈바닉 전지는 체계적으로 하기 세 개의 군으로 나뉘어진다:

[0004] (a) 배터리로 또한 나타내어지는 1차 전지, 하나 이상의 전자 전도체 및 하나 이상의 이온 전도체와 반전지를 연결시킨 후에 상기 전지가 충전되고 1 회 방전될 수 있는 것을 특징으로 함. 방전이 기초로 하는 산화환원

반응은 비가역적이어서, 1차 전지는 또다시 전기적 충전될 수 없음.

- [0005] (b) 축전지로 또한 나타내어지는 2차 전지, 하나 이상의 전자 전도체 및 하나 이상의 이온 전도체 연결 반전지로부터 갈바닉 전지를 형성하고, 이는 반복적으로 충전 및 방전될 수 있는 것을 특징으로 함. 방전이 기초로 하는 산화환원 반응은 가역적이어서, 2차 전지가 전기 충전될 수 있다. 2차 전지의 수명은 이에 따라 특정 수의 충전 및 방전 과정에 의해 제한된다.
- [0006] (c) 3차 전지로 또한 나타내어지는 연료 전지, 화학 에너지 담체가 전지에 저장되지 않지만 연속적으로 외부 공급되는 것을 특징으로 함. 따라서, 연료 전지는 연속 공급 연료 및 연속 공급 산화제의 화학 에너지를 이용하고 이를 전기 에너지로 전환함.
- [0007] 시판 2차 전지는 예를 들어 납-산 축전지, 니켈-카드뮴 축전지, 니켈-금속 수소화물 축전지, 니켈-아연 축전지, 니켈-철 축전지, 리튬-이온 축전지, 리튬-중합체 축전지, 리튬-철 축전지, 리튬-망간 축전지, 리튬-철-포스페이트 축전지, 리튬-황 축전지 및 리튬-티타네이트 축전지이다.
- [0008] 납-산 축전지는 수성 황산을 전해질로서 포함하고, 2.0 V의 공칭 전압에서 30 Wh/kg의 중량측정 에너지 밀도 (gravimetric energy density)를 갖는다. 니켈을 기반으로 하는 축전지는 수성 알칼리 금속 수산화물을 전해질로서 포함하고, 1.2 내지 1.9 V 범위의 공칭 전압에서 40 내지 110 Wh/kg 범위의 중량측정 에너지 밀도를 갖는다. 리튬을 기반으로 하는 축전지는 리튬 염을 함유하는 무수 유성 용매, 및 용융 염을 전해질로서 포함하고, 2.2 내지 3.7 V 범위의 공칭 전압에서 70 내지 210 Wh/kg 범위의 중량측정 에너지 밀도를 갖는다. 리튬 기반의 축전지, 특히 리튬-중합체 축전지는 높은 에너지 밀도를 갖지만, 이는 일반적으로 뚜렷한 에이징을 나타내고 매우 가연성인 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 함유하여, 특히 민간 부문에서 사용될 때 큰 위험 잠재성을 나타낸다.
- [0009] 일반적으로 높은 공칭 전압 및 높은 용량은 높은 중량측정 및 용적측정 에너지 밀도에서 보여진다. 이는 휴대 적용물, 예컨대 휴대 분야에서 특히 중요하다.
- [0010] 갈바닉 전지의 중량측정 에너지 밀도 ( $E_{grav}$ ) 및 체적측정 에너지 밀도 ( $E_{vol}$ )는 하기 수식 (i) 및 (ii)로부터 명백해졌다:

$$E_{grav} [\text{Wh/kg}] = U[\text{V}] \cdot I[\text{A}] \cdot t[\text{h}] / m[\text{kg}] \quad (\text{i}),$$

$$E_{vol} [\text{Wh/cm}^3] = U[\text{V}] \cdot I[\text{A}] \cdot t[\text{h}] / V[\text{cm}^3] \quad (\text{ii}),$$

- [0011]
- [0012] [식 중, U는 볼트 [V]로의 전압을 나타내고, I는 암페어 [A]로의 전류를 나타내고, t는 시간 [h]로의 시간을 나타내고, m은 킬로그램 [kg]으로의 질량을 나타내고, V는 입방 센티미터 [ $\text{cm}^3$ ]로의 부피를 나타냄].
- [0013] 따라서, 높은 중량측정 및 체적측정 에너지 밀도는 갈바닉 전지가 높은 성능 및 낮은 몰 질량 및/또는 낮은 몰 부피를 갖는 물질로부터 구축될 때 달성된다. 따라서, 높은 중량측정 및/또는 체적측정 에너지 밀도를 갖는, 효율이 높은 갈바닉 전지의 구축을 위한 신규 물질이 필요하다.
- [0014] 이러한 맥락에서, 갈바닉 전지에서 사용된 전해질 및 갈바닉 전지에서 사용된 용매의 선택이 특히 중요한데, 이는 통상 사용되는 수성 전해질 및 용매가 높은 전압에서 안정하지 않기 때문이다. 따라서, 높은 전압에서 안정한 비수성 전해질 화합물 및 용매가 필요하다.
- [0015] 상기 언급된 이미 선행 기술에 공지된 및 시판되는 2차 전지에서, 희금속 및 고가 금속-함유 화합물이 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질로서 사용된다. 이는 매우 고가인 상기로부터 구축된 2차 전지의 제조를 야기한다. 따라서, 증가하는 수요 및 시장 참가자 중에서의 관련 시장 가격 압박으로 인해, 신규 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질, 특히 금속, 금속 이온 및/또는 금속 화합물을 기반으로 하지 않는, 특히 납, 니켈, 카드뮴, 리튬, 망간, 티타늄 또는 아연의 금속, 금속 이온 및/또는 금속 화합물을 기반으로 하지 않는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질에 대한 매우 상당한 수요가 있다.
- [0016] "활성 애노드 및/또는 캐소드 물질"에 의해, 화학 전환, 특히 환원 또는 산화 과정에 의한 전극 상의 전자를 흡수 또는 방출하는 전기 화학적 활성 화합물이 이해된다.

**발명의 내용**

- [0017] 본 발명의 목적은 전기 금속, 금속 이온 및/또는 금속 화합물 없이 활성 애노드 및 캐소드 물질을 포함하는, 전기화학 반전지 및 본 발명의 전기화학 반전지 둘 이상을 갖는 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치를 제공하는 것이다. 특히 관심 대상인 것은 개선된 중량측정 및/또는 체적측정 에너지 밀도를 갖는 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치이다.
- [0018] 본 발명의 추가 목적은 시판 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치에서 사용된 통상적 무수 유기 용매에 비해 높은 인화점을 갖고, 낮은 증기 압력, 높은 열적 및 화학적 안정성 및 높은 전기 전도성 및 넓은 전기화학 윈도우 (window) 를 갖는 본 발명의 전기화학 반전지 및 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제조에 적합한 전해질을 제공하는 것이다.
- [0019] "에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치" 에 의해, 화학 에너지를 전기 에너지로 자발적으로 전환하기 위한 애노드 및 캐소드를 포함하는 장치가 이해된다. 애노드 및 캐소드는 전해질 및 전기적 접촉이다. 전력-발생 반응은 산화환원 반응이고, 이의 전동력은 포함된 화학 요소의 표준 전위에 의해 미리 결정된다. 전동력은 전력을 공급하지 않는 전력 공급원의 클램프 사이에서의 전위차로 이해된다. 전극의 표준 전위는 전해질의 전극 반응의 참여 성분이 표준 상태이고 고체 성분이 순수 형태로 존재할 때 (이에 의해 표준 상태는 273.1 K 의 표준 온도 및 1.01325 bar 의 표준 압력으로 설정됨) 전극 전위의 평형 값이다. 용해 전해질의 경우, 표준 상태에 해당하는 특정 농도는 규정 농도이다. 표준 전위는 25 °C 에서 표준 수소 전극에 대해 활성 1 의 이의 염 중 하나의 용액에 함침되는 표준 금속 전극, 즉 금속 전극의 전위에 해당한다 (참조, Roempp Chemie Lexikon, 9<sup>th</sup> Edition, pages 1123, 1476 내지 1477 및 3048 내지 3051). 본 발명의 범주 내의 지정 장치로서 둘 이상의 전기화학 반전지를 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치는 본질적으로 갈바닉 전지에 해당한다.
- [0020] "전기화학 반전지" 에 의해, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질 및 전극이 전해질에 함침되어, 전해질이 하나 이상의 추가 "전기화학 반전지" 의 전해질과 특히 다공성 격막 (미소공성 분리기 (microporous separator)) 을 통해 접촉되는 배열이 이해된다.
- [0021] 이러한 목적은 독립 청구항의 특징에 의해 해결되고, 본 발명의 유리한 구현에는 종속 청구항에 명시되어 있다.
- [0022] 본 발명은 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하는 전기화학 반전지 및 하나 이상의 풀러렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액을 포함하는 전기화학 반전지에 관한 것이다.
- [0023] 본 발명은 또한 본 발명의 전기화학 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치, 및 본 발명의 전기화학 반전지의 제조 방법, 특히 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 제공을 포함하는 전기화학 반전지의 제조 방법에 관한 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0024] 본 발명은 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하는 전기화학 반전지 및 하나 이상의 풀러렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액을 포함하는 전기화학 반전지에 관한 것이다.
- [0025] 본 발명의 맥락에서 "풀러렌" 에 의해, 다이아몬드, 흑연, 탄소 나노튜브 및 그래핀 쪽으로의 화학 원소 탄소의 추가 개질을 나타내는, 높은 대칭의 5각형 및 6각형 구조 단위를 갖는, 탄소로 단독 구성된, C<sub>2n</sub> 탄소 원자로부터의 구형 거대분자가 이해된다.
- [0026] 본 발명의 맥락에서 "이온성 액체" 는 이온 단독으로 이루어지는 액체가 이해된다. 전통적 용융 염과 구별하기 위해, 오로지 상기 염은 100 °C 미만의 용점을 갖는 이온성 액체로 나타내어진다 (P. Water, W. Keim, Angewandte Chemie, International Edition 2000, 39, 3772 참조). 이온성 액체는, 전형적 대표물이 이미 다졸륨, 피리디늄, 암모늄 및/또는 포스포늄 염을 기반으로 하는 이의 양이온 유형에 의하여 분류된다. 일반적으로, 이온성 액체는 낮은 증기압, 높은 열적 및 화학적 안정성 및 높은 전기 전도성 및 폭넓은 전기화학 윈도우를 갖는다. 또한, 이온성 액체는 일반적 유기 용매에 비해 높은 인화점을 특징으로 한다.
- [0027] 풀러렌은 바람직하게는 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> (IUPAC: C<sub>60</sub>-I<sub>h</sub>)[5,6]풀러렌), [5,6]-풀러렌-C<sub>70</sub> (IUPAC: (C<sub>70</sub>-D<sub>5h(6)</sub>)[5,6]풀러렌), 풀러렌-C<sub>76</sub>, 풀러렌-C<sub>78</sub>, 풀러렌-C<sub>80</sub>, 풀러렌-C<sub>82</sub>, 풀러렌-C<sub>84</sub>, 풀러렌-C<sub>86</sub>, 풀러렌-C<sub>90</sub> 또는 이의 혼합물, 특히 바람직하게는 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 및/또는 [5,6]-풀러렌-C<sub>70</sub>, 특히 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 로 이루어지는 군으로부터 선택된다.

- [0028] 이온성 액체는 바람직하게는 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-클로라이드, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오르포스페이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오르보레이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-트리플루오르메탄술포네이트, 1-부틸-1-메틸-피롤리디늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 부틸-트리메틸암모늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 콜린-디히드로겐포스페이트, 에틸암모늄니트레이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-브로마이드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-디시안아미드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-에틸술페이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-메탄술포네이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨클로라이드, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-프로필-이미다졸륨-요오다이드, 1-메틸-1-프로필-피페리디늄-비스-(트리플루오로메틸술포닐)-이미드, 트리에틸술포늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 또는 이의 혼합물, 특히 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드로 이루어지는 군으로부터 선택된다.
- [0029] 본 발명의 유리한 구현예에서, 전기화학 반전지는 하나 이상의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질, 하나 이상의 전해질 및 하나 이상의 전극을 포함한다.
- [0030] 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질
- [0031] 활성 애노드 물질은 1 개 이상의 전자, 바람직하게는 2 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 2 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이하의 전자를 흡수 및/또는 방출할 수 있는 전기화학적 활성 화합물을 포함한다. 이러한 경우에, 활성 캐소드 물질은 1 개 이상의 전자, 바람직하게는 2 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 2 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이하의 전자를 흡수 및/또는 방출할 수 있는 전기화학적 활성 화합물을 포함한다. 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질에 의한 전자의 흡수 또는 방출은 환원 또는 산화 과정에 의해 발생한다.
- [0032] 한 구현예에서, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 하나 이상의 풀러렌을 포함한다. 특정 구현예에서, 풀러렌은 오로지 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 성분이다.
- [0033] 풀러렌은 다중 하전 양이온 또는 다중 하전 음이온으로서 존재할 수 있고, 특히 상기 풀러렌은 산화 상태 +1 내지 +6 의 산화 형태로 및 산화 상태 -1 내지 -6 의 환원 형태로 존재할 수 있다. 다른 말로, 풀러렌은 그 전자 바닥 상태에서 6 개 이하의 전자를 흡수하거나 6 개 이하의 전자를 방출할 수 있다. 풀러렌은 고체 및/또는 용융 형태, 특히 입자 형태로 존재할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 전기화학 반전지의 특정 구현예에서, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 하나 이상의 풀러렌 이외에 다른 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하지 않는다. 다른 말로, 이러한 구현예에서 풀러렌은 오로지 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질이다. 본 발명의 전기화학 반전지는 바람직하게는 금속, 금속 이온 및/또는 금속 화합물이 없는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함한다.
- [0035] 본 발명의 전기화학 반전지의 보다 특정한 구현예에서, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 현탁액의 형태로 존재하는 하나 이상의 풀러렌을 포함한다. 현탁액은 현탁액의 총 중량을 기준으로, 0.1 내지 99.9 중량%, 바람직하게는 1 내지 50 중량%, 더 바람직하게는 1 내지 25 중량%, 더 바람직하게는 5 내지 20 중량%, 특히 10 중량% 의 풀러렌을 포함할 수 있다.
- [0036] 따라서 본 발명의 맥락에서, 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하는 전기화학 반전지가 기재되고, 여기서 본 발명의 전기화학 반전지의 한 구현예에서 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 현탁액의 형태로 존재한다. 본 발명의 전기화학 반전지의 바람직한 구현예에서, 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액의 형태로 존재한다.
- [0037] 추가 구현예에서, 풀러렌은 전해질, 특히 이온성 액체를 포함하는 전해질을 갖는 현탁액의 형태로 존재한다. 바람직한 구현예에서, 전해질은 현탁액을 형성하는데 사용된 용매를 나타낸다.
- [0038] 추가 특정 구현예에서, 본 발명의 전기화학 반전지는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 갖는 애노드 및/또는

캐소드 물질을 포함한다. 애노드 및/또는 캐소드 물질은 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질 이외에 담체 물질을 포함할 수 있다. "담체 물질"에 의해, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질로 코팅되거나 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질이 분산되는 물질이 이해되는데, 이는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질과 상이하다. 한 구현예에서, 담체 물질은 전기화학 활성, 특히 전기화학 활성 및 전기 전도성을 갖지 않는다.

[0039] 전해질은 전기 전도성이 이온으로의 전해질 해리를 통해 확립되는 이온 전도성 매질을 포함한다. 본 발명의 전기화학 반전지의 특정 구현예에서, 전해질은 이온성 액체, 특히 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-클로라이드, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-트리플루오로메탄술포네이트, 1-부틸-1-메틸-피롤리디늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 부틸-트리메틸암모늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 콜린-디히드로젠포스페이트, 에틸암모늄니트레이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-브로마이드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-디시아나미드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-에틸술포네이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-메탄술포네이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨클로라이드, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-프로필-이미다졸륨-요오다이드, 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄-비스-(트리플루오로메틸술포닐)-이미드, 트리에틸술포늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 또는 이의 혼합물, 특히 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리스플루오로메틸술포닐)이미드로 이루어지는 군으로부터 선택되는 이온성 액체를 포함한다.

[0040] 본 발명의 전기화학 반전지의 전극은 전해질과 접촉되는 전자-전도성 물질을 포함한다. 본 발명의 한 구현예에서, 전극 자체는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하지 않는다. 본 발명의 전기화학 반전지의 전극은 환원 또는 산화되지만, 전자 전도체로서 역할한다. 다른 말로, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 환원 및 산화 과정은 전극의 일부 자체인 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질 없이 전극에서 발생할 수 있다.

[0041] 특정 구현예에서, 전극은 하나 이상의 탄소질 물질을 포함한다. 보다 특정 구현예에서, 탄소질 물질은 시트, 특히 탄소 섬유 및/또는 탄소 입자 및/또는 탄소 플레이트 및/또는 탄소 나노튜브를 포함한다. 보다 특정 구현예에서, 시트는 탄소 섬유, 특히 탄소 펠트 및/또는 탄소 패브릭을 함유하는 직조 또는 부직조 패브릭 시트를 포함한다.

[0042] 본 발명의 유리한 구현예에서, 전기화학 반전지는 하나 이상의 풀러렌, 특히 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 를 갖는 하나 이상의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질, 하나 이상의 이온성 액체, 특히 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리스플루오로메틸술포닐)이미드를 갖는 하나 이상의 전해질, 및 하나 이상의 전극, 특히 흑연 플레이트 및/또는 흑연 연필 및/또는 흑연 펠트 및/또는 흑연 패브릭을 포함한다.

[0043] 현탁액을 갖는 전기화학적 반전지

[0044] 또다른 특정 구현예에서, 본 발명의 전기화학 반전지는 하나 이상의 풀러렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액을 포함한다. 현탁액은 현탁액의 총 중량을 기준으로, 0.1 내지 99.9 중량%, 바람직하게는 1 내지 50 중량%, 더 바람직하게는 1 내지 25 중량%, 더 바람직하게는 5 내지 20 중량%, 특히 10 중량%의 풀러렌을 포함할 수 있다. 현탁액은 현탁액의 총 중량을 기준으로, 99.9 내지 0.1 중량%, 바람직하게는 99 내지 50 중량%, 더 바람직하게는 99 내지 75 중량%, 더 바람직하게는 95 내지 80 중량%, 특히 90 중량%의 이온성 액체를 포함할 수 있다. 본 발명의 맥락에서, 또한 구현예는 풀러렌 및 이온성 액체 이외에 추가 성분을 갖는 현탁액을 갖는 것을 포함한다.

[0045] 한 구현예에서, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 1 개 이상의 전자, 바람직하게는 2 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이상의 전자를 흡수 및/또는 방출할 수 있는 전기화학적 활성 화합물을 포함한다.

[0046] 한 구현예에서, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 1 개의 전자, 바람직하게는 2 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이하의 전자를 흡수 및/또는 방출할 수 있는 전기화학적 활성 화합물을 포함한다.

[0047] 하나 이상의 풀러렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 포함하는 본 발명의 전기화학 반전지의 풀러렌은 특히 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 성분이다. 풀러렌은 다중 하전 양이온 또는 다중 하전 음이온으로서 존재할 수 있고, 특히 풀러렌은 산화 상태 +1 내지 +6 의 산화 형태 및 산화 상태 및 -1 내지 -6 의 환원 형태로 존재할 수 있다. 다른 말로, 풀러렌은 이의 전자 바다 상태에서 6 개 이하의 전자를 흡수하거나 6 개 이하의 전

자를 방사할 수 있다. 폴리렌은 고체 및/또는 용해 형태, 특히 입자 형태로 존재할 수 있다.

- [0048] 하나 이상의 폴리렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 포함하는 본 발명의 전기화학 반전지의 특정 구현예에서, 폴리렌은 오로지 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 성분이다.
- [0049] 추가 특정 구현예에서, 하나 이상의 폴리렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 본 발명의 전기화학 반전지는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 갖는 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함한다. 애노드 및/또는 캐소드 물질은 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질 이외에 담체 물질을 포함할 수 있다. "담체 물질"에 의해, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질로 코팅되거나 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질이 분산되지만 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질과 상이한 물질이 이해된다. 한 구현예에서, 담체 물질은 전기화학 활성, 특히 전기화학 활성 및 전기 전도성을 갖지 않는다.
- [0050] 하나 이상의 폴리렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 본 발명의 전기화학 반전지의 한 구현예는 전해질을 포함한다. 전해질은 이온 전도성 매질을 포함하는데, 이의 전기 전도성은 이온으로의 전기 해리 (electrolytic dissociation)를 통해 확립된다. 본 발명의 전기화학 반전지의 특정 구현예에서, 전해질은 이온성 액체, 특히 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-클로라이드, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-트리플루오로메탄술포네이트, 1-부틸-1-메틸-피롤리디늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 부틸-트리메틸암모늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 콜린-디히드로젠포스페이트, 에틸암모늄트레이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-브로마이드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-디시아나미드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-에틸술포네이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-메탄술포네이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨클로라이드, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-프로필-이미다졸륨-요오다이드, 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)-이미드, 트리에틸술포늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 또는 이의 혼합물, 특히 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리스플루오로메틸술포닐)-이미드로 이루어지는 군으로부터 선택되는 이온성 액체를 포함한다.
- [0051] 추가 구현예에서, 폴리렌은 전해질, 특히 이온성 액체를 포함하는 전해질을 갖는 현탁액의 형태로 존재한다. 바람직한 구현예에서, 전해질은 현탁액을 형성하는데 사용되는 용매를 나타낸다.
- [0052] 하나 이상의 폴리렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 본 발명의 전기화학 반전지의 한 구현예는 전극을 포함한다. 전극은 전기-전도성 물질을 포함하고, 이는 전해질과 접촉된다. 본 발명의 한 특정 구현예에서, 전극 자체는 폴리렌을 포함하지 않는다. 본 발명의 전기화학 반전지의 전극은 환원 또는 산화되지만, 전자 전도체로서 역할한다. 다른 말로, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 환원 및 산화 과정은 전극의 일부 자체인 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질 없이 전극에서 발생할 수 있다.
- [0053] 특정 구현예에서, 전극은 하나 이상의 탄소질 물질을 포함한다. 추가 특정 구현예에서, 탄소질 물질은 시트, 특히 탄소 섬유 및/또는 탄소 입자 및/또는 탄소 플레이트 및/또는 탄소 나노튜브를 포함한다. 추가 특정 구현예에서, 시트는 탄소 섬유, 특히 탄소 펠트 및/또는 탄소 패브릭을 함유하는 직조 또는 부직조 패브릭 시트를 포함한다.
- [0054] 하나 이상의 폴리렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 본 발명의 전기화학 반전지의 유리한 구현예는 하나 이상의 폴리렌, 특히 [5,6]-폴리렌-C<sub>60</sub>, 하나 이상의 이온성 액체, 특히 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리스플루오로메틸술포닐)이미드를 갖는 전해질, 및 하나 이상의 전극, 특히 흑연 플레이트 및/또는 연필 및/또는 흑연 펠트 및/또는 흑연 패브릭을 포함한다.
- [0055] 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치
- [0056] 본 발명은 또한 본 발명의 전기화학 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치를 포함한다.
- [0057] 특정 구현예에서, 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치는 전기화학 반전지 둘 이상을 포함하고, 여기서
- [0058] (i) 제 1 전기화학 반전지는 하기를 포함하고:
- [0059] (a) 활성 애노드 물질



- [0060] (b) 제 1 전해질, 및
- [0061] (c) 제 1 전극,
- [0062] (ii) 제 2 전기화학 반전지는 하기를 포함하고:
- [0063] (a) 활성 캐소드 물질
- [0064] (b) 제 2 전해질, 및
- [0065] (c) 제 2 전극,
- [0066] (iii) 제 1 전기화학 반전지의 전해질 및 제 2 전기화학 반전지의 전해질은 분리기, 특히 다공성 분리기를 통해 접촉되고,
- [0067] (iv) 제 1 전기화학 반전지 및/또는 제 2 전기화학 반전지는 서로 독립적으로 하나 이상의 풀러렌을 포함하는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함한다.
- [0068] 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 전기화학적 활성 화합물을 포함하고, 이는 1 개 이상의 전자, 바람직하게는 2 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이상의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이상의 전자를 흡수 및/또는 방출할 수 있다. 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질에 의한 전자의 흡수 또는 방출은 환원 또는 산화 과정에 의해 발생한다.
- [0069] 한 구현예에서, 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 전기화학적 활성 화합물을 포함하고, 이는 1 개 이상의 전자, 바람직하게는 2 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 3 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 4 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 5 개 이하의 전자, 더 바람직하게는 6 개 이하의 전자를 흡수 및/또는 방출할 수 있다. 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질에 의한 전자의 흡수 또는 방출은 환원 또는 산화 과정에 의해 발생한다.
- [0070] 한 구현예에서, 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 하나 이상의 풀러렌을 포함한다.
- [0071] 풀러렌은 다중 하전 양이온 또는 다중 하전 음이온으로 존재할 수 있고, 특히 풀러렌은 산화 상태 +1 내지 +6 의 산화 형태 및 산화 상태 -1 내지 -6 의 환원 형태로 존재할 수 있다. 다른 말로, 풀러렌은 전자 바닥 상태에서 6 개 이하의 전자를 흡수하거나 6 개 이하의 전자를 방출할 수 있다. 풀러렌은 고체 및/또는 용해 형태, 특히 입자 형태로 존재할 수 있다.
- [0072] 특정 구현예에서, 풀러렌은 오로지 본 발명의 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 성분이다. 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 추가 특정 구현예에서, 제 1 및 제 2 전기화학 반전지의 활성 애노드 및 캐소드 물질은 하나 이상의 풀러렌을 포함하고, 이에 따라 제 1 및 제 2 전기화학 반전지의 활성 애노드 물질 및 활성 캐소드 물질은 동일하다.
- [0073] 본 발명의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지는 바람직하게는 금속, 금속 이온 및/또는 금속 화합물을 함유하지 않는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함한다.
- [0074] 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 한 구현예에서, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질은 하나 이상의 풀러렌을 포함하고, 이는 현탁액의 형태, 특히 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액의 형태로 존재한다. 현탁액은 현탁액의 총 중량을 기준으로, 0.1 내지 99.9 중량%, 바람직하게는 1 내지 50 중량%, 더 바람직하게는 1 내지 25 중량%, 더 바람직하게는 5 내지 20 중량%, 특히 10 중량% 풀러렌을 포함할 수 있다. 하나 이상의 풀러렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 한 구현예에서, 현탁액은 현탁액의 총 중량을 기준으로 99.9 내지 0.1 중량%, 바람직하게는 99 내지 50 중량%, 더 바람직하게는 99 내지 75 중량%, 더 바람직하게는 95 내지 80 중량%, 특히 90 중량% 의 이온성 액체를 포함할 수 있다.
- [0075] 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 특정 구현예에서, 제 1 및 제 2 전기화학 반전지는 현탁액의 형태로 존재하는 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하고, 이에 따라 제 1 전기화학 반전지의 활성 애노드 물질의 현탁액은 제 2 전기화학 반전지의 활성 캐소드 물질의 현탁액과 동일하다.

- [0076] 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 추가 특정 구현예에서, 제 1 및 제 2 전기화학 반전지는 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하고, 이는 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액의 형태로 존재한다. 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 추가 특정 구현예에서, 제 1 및 제 2 전기화학 반전지는 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액의 형태로 존재하는 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하고, 이에 따라 제 1 전기화학 반전지의 활성 애노드 물질의 현탁액은 제 2 전기화학 반전지의 활성 캐소드 물질의 현탁액과 동일하다.
- [0077] 본 발명의 맥락에서, 또한 풀러렌 및 이온성 액체 이외에 추가 성분을 갖는 현탁액을 포함하는 구현예가 포함된다.
- [0078] 추가 특정 구현예에서, 본 발명의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 갖는 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함한다. 애노드 및/또는 캐소드 물질은 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질 이외에 담체 물질을 포함할 수 있다. "담체 물질"에 의해, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질로 코팅되거나 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질이 분산되지만 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질과 상이한 물질이 이해된다. 한 구현예에서, 담체 물질은 전기화학 활성, 특히 전기화학 활성 및 전기 전도성을 갖지 않는다.
- [0079] 추가 특정 구현예에서, 풀러렌은 전해질, 특히 이온성 액체를 포함하는 전해질을 갖는 현탁액의 형태로 존재한다. 다른 말로, 이러한 구현예는 현탁액의 형태로 존재하는 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 갖는 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지를 포함하고, 이에 따라 현탁액은 또한 전해질, 특히 이온성 액체를 포함한다.
- [0080] 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 제 1 및/또는 제 2 전해질은 이온 전도성 매질을 포함하는데, 이의 전기 전도성은 이온으로의 전기 해리를 통해 확립된다. 특정 구현예에서, 제 1 및/또는 제 2 전해질은 이온성 액체, 특히 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-클로라이드, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-부틸-3-메틸-이미다졸륨-트리플루오로메탄술포네이트, 1-부틸-1-메틸-피롤리디늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 부틸-트리메틸암모늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드, 콜린-디히드로젠포스페이트, 에틸암모늄니트레이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-브로마이드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-디시안아미드, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-에틸술포네이트, 1-에틸-3-메틸-이미다졸륨-메탄술포네이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨클로라이드, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-헥실-3-메틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-헥사플루오로포스페이트, 1-메틸-3-옥틸-이미다졸륨-테트라플루오로보레이트, 1-메틸-3-프로필-이미다졸륨-요오다이드, 1-메틸-1-프로필-피페리디늄-비스-(트리플루오로메틸술포닐)-이미드, 트리에틸술포늄-비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 또는 이의 혼합물, 특히 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리스플루오로메틸술포닐)-이미드로 이루어지는 군으로부터 선택되는 이온성 액체를 포함한다.
- [0081] 본 발명의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 한 구현예에서, 제 1 및/또는 제 2 전해질은 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 이온성 액체와 동일할 수 있다. 본 발명의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 추가 구현예에서, 제 1 전해질은 제 2 전해질과 동일할 수 있다.
- [0082] 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제 1 및/또는 제 2 전기화학 반전지의 제 1 및/또는 제 2 전극은 전자-전도성 물질을 포함하고, 이는 전해질과 접촉된다. 본 발명의 한 구현예에서, 제 1 및/또는 제 2 전극은 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 포함하지 않는다. 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제 1 및/또는 제 2 전극은 환원 또는 산화되지만, 전자 전도체로서 역할을 한다. 다른 말로, 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 환원 및/또는 산화 과정은 제 1 및/또는 제 2 전극의 일부 자체인 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질 없이 제 1 및/또는 제 2 전극에서 발생할 수 있다.
- [0083] 특정 구현예에서, 제 1 및/또는 제 2 전극은 하나 이상의 탄소질 물질, 특히 2 개의 탄소질 물질을 포함한다. 추가 특정 구현예에서, 탄소질 물질은 시트, 특히 탄소 섬유 및/또는 탄소 입자 및/또는 탄소 플레이트 및/또는 탄소 나노튜브를 포함한다. 추가 특정 구현예에서, 시트는 탄소 섬유, 특히 탄소 펠트 및/또는 탄소 패브릭을 함유하는 직조 또는 부직조 패브릭 시트를 포함한다.
- [0084] 본 발명의 유리한 구현예에서, 둘 이상의 전기화학 반전지를 갖는 본 발명의 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치는 하나 이상의 풀러렌, 특히 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 을 갖는 하나 이상의 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질, 하나 이상의 이온성 액체, 특히 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리스플루오로메틸술포닐)이미드를 갖는 하나 이상의 전해질, 및 적어도 제 1 및 제 2 전극, 특히 흑연 플레이트 및/또는 연필 및/또는 흑연 펠트 및/또는 흑연

패브릭을 포함한다.

- [0085] 본 발명은 또한 하기 방법 단계를 포함하는, 본 발명의 전기화학 반전지의 제조 방법에 관한 것이다:
- [0086] (i) 전극을 제공하는 단계,
- [0087] (ii) 특히 현탁액의 형태로 하나 이상의 풀러렌을 갖는 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질을 제공하는 단계,
- [0088] (iii) 전해질, 특히 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 전해질을 제공하는 단계.
- [0089] 본 발명의 전기화학 반전지의 제조 방법의 한 구현예에서, 전극은 활성 애노드 및/또는 캐소드 물질의 현탁액으로 처리된다. 처음에, 활성 애노드 및/또는 캐소드의 현탁액, 특히 하나 이상의 풀러렌 및 하나 이상의 이온성 액체를 갖는 현탁액이 제조되고, 이후 전극이 현탁액으로 처리된다.
- [0090] 본 발명은 또한 본 발명의 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 제조를 위한, 본 발명의 전기화학 반전지의 용도에 관한 것이다.
- [0091] 본 발명의 전기화학 반전지 및 본 발명의 전기화학 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치는 특히 높은 이론적 용량을 특징으로 한다.
- [0092] 용량은 전류 및 시간의 곱이고, 하기 화학식 (iii) 으로부터 명백해진다:
- [0093]  $용량 = I \cdot t$  (iii)
- [0094] [식 중, I 는 암페어 [A] 로의 전류이고, t 는 시간 [h] 으로의 시간임].
- [0095] 전기화학 반전지 및 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 용량은 하기 수식 (iv) 에 따라, 패러데이 법칙 (Faraday's law) 으로부터 명백해진다:
- [0096]  $Q = n \cdot z \cdot F$  (iv)
- [0097] [식 중, Q 는 전하의 양이고, n 은 몰 [mol] 로의 물질의 전환량이고, z 는 전자의 수이고, F 는 쿨롱 [C] 으로의 패러데이 상수임 (96487 C)].
- [0098] 6 개 이하의 전자 트랜지션을 갖는 본 발명의 반전지 및 본 발명의 전기화학적 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 경우, 이는 160.8 Ah/mol 의 용량을 산출한다.
- [0099] 3 개 이하의 전자 트랜지션을 갖는 본 발명의 반전지 및 본 발명의 전기화학적 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 경우, 이는 80.4 Ah/mol 의 용량을 산출한다.
- [0100] 2 개 이하의 전자 트랜지션을 갖는 본 발명의 반전지 및 본 발명의 전기화학적 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 경우, 이는 53.6 Ah/mol 의 용량을 산출한다.
- [0101] 1 개 이하의 전자 트랜지션을 갖는 본 발명의 반전지 및 본 발명의 전기화학적 반전지 둘 이상을 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 경우, 이는 26.8 Ah/mol 의 용량을 산출한다.
- [0102] 본 발명의 반전지 및 본 발명의 둘 이상의 전기화학 반전지를 갖는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 경우, 이는 26.8 내지 160.8 Ah/mol 범위의 이론적 용량을 산출한다.
- [0103] 에너지 밀도는 전하량 및 전압의 곱이고, 하기 수식 (v) 으로부터 명백해진다:
- [0104]  $W = Q \cdot U$  (v)
- [0105] [식 중, W 는 에너지 밀도이고, Q 는 전하량이고, U 는 전압임].
- [0106] 3.5 V, 2.5 V 및 1.5 V 에서 이용가능한 가역 산화환원 반응에 의한 3 개의 전압 정체 (voltage plateaus) 의 에너지 밀도는 화학식 (v) 에 따라 201 Wh/mol 의 이론적 에너지 밀도를 산출한다.
- [0107]  $3.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} + 2.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} + 1.5 \text{ V} \cdot 26.8 \text{ Ah/mol} = 201 \text{ Wh/mol}$
- [0108] 도면
- [0109] 도 1 은 [Q, Xie, E, Perez-Cordero, L'Echegoyen, "Electrochemical Detection of  $C_{60}^{-6}$  and  $C_{70}^{-6}$  Enhanced Stability of Fullerenes in Solution", J. Am. Soc., 1992, 114, 3978-3980] 에 개시된 바와 같은 [5,6]-풀

러렌-C<sub>60</sub><sup>-6</sup> 로의 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 의 환원 피크를 나타낸다.

[0110] 도 2 는 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 중 10 % [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 을 갖는 전지의 충전 및 방전 곡선을 나타낸다.

[0111] 도 3 은 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 중 10 % [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 을 갖는 전지의 단일 충전 및 방전 곡선을 나타낸다.

[0112] **실시예**

[0113] 실시예 1:

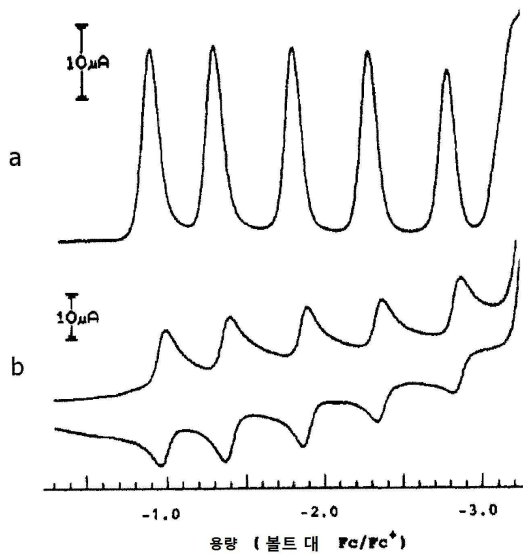
[0114] 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 (99%, Iolitec GmbH, Germany) 중 10% [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 의 현탁액으로부터 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치를 구축하였다. 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치를 두 전기화학 반전지에서 미소공성 분리기 (Celgard Inc., USA) 에 의해 분리하였다. 전극으로서 흑연 플레이트 (FU 4036, Schunk Kohlenstofftechnik GmbH, Germany) 및 흑연 펠트 (GFA5, SGL Carbon, Germany) 를 사용하였다. 흑연 플레이트를 압력-끼워맞춤 (force-fitted), 특히 액체-밀폐하고, 5 x 33 x 30 mm 의 공동을 갖는 4 개의 상호간에 거의 평행한 분절로부터 PVC 프레임 위에 단일 면을 탑재시켰다.

이후, 흑연 펠트를 바디에 놓고, 한 면을 개방하고, 현탁액으로 완전히 포화되고 임의의 추가 현탁액을 흡수할 수 없을 때까지 흑연 펠트에 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 중 10% [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 의 현탁액을 적용하였다. 한 면 개방 바디의 공동을 이후 1-메틸 1-프로필-피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드로 충전시켜, 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드가 전해질로 작용하였다. 한 면 개방 바디는 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 본 발명의 전기화학 반전지의 구현예이다. 이후, 한 면 개방 바디를 분리기의 압력-끼워맞춤, 특히 액체-밀폐 코팅에 의해 폐쇄하였다. 이후, 제 2 흑연 플레이트를 압력-끼워맞춤, 특히 액체-밀폐시키고, 5 x 33 x 30 mm 의 공동을 갖는 4 개의 상호간에 거의 평행한 분절로부터 PVC 프레임 위에 단일 면을 탑재시켰다. 이후, 제 2 흑연 펠트를 바디에 놓고, 두 면에서 개방하고, 현탁액으로 완전히 포화되고 임의의 추가 현탁액을 흡수할 수 없을 때까지 제 2 흑연 펠트에 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 중 10% [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 의 현탁액을 적용하였다. 두 면 개방 바디의 공동을 이후 1-메틸 1-프로필-피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드로 충전시켜, 1-메틸-1-프로필-피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드가 전해질로 작용하였다. 두 면 개방 바디는 본 발명의 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 전기화학 반전지의 구현예이다. 이후 제 2 한 면 개방 바디를, 제 1 반전지의 분리기에 대해 PVC 프레임을 구획하는 개방 면을 통해 상기 면에 부착된 한 면에서 압력-끼워맞춤, 특히 액체-밀폐로 부착시켰다. 제 1 및 제 2 전기화학 반전지의 전기적 접촉은 제 1 흑연 플레이트 상의 제 1 구리 플레이트 및 제 2 흑연 플레이트 상의 제 2 구리 플레이트에 의해 수행되었다. 두 전기화학 반전지를 이후 0.3 mA/cm<sup>2</sup> 의 전류 밀도의 전기 전도체를 갖는 제 1 구리 플레이트 및 제 2 구리 플레이트를 통해 전기적으로 연결하였다.

[0115] 도 2 및 3 에 나타난 바와 같이, 이렇게 구축된 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 최종 충전 전압은 약 5 V 이고 최종 방전 전압은 약 0.5 V 이다. 충전 과정에 있어서, 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치는 먼저 약 4 V 의 전압까지 균일하게 분극화한다. 다음으로, 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치의 분극화의 저하가 최종 전하 전압이 달성될 때까지 발생한다. 충전 이후, 단자 전압은 10 분 이내에 약 4.4 V 의 값으로 하락한 후, 또다른 10 분 이내에 약 4.3 V 의 값으로 하락한다. 이후, 전기화학 에너지 저장 및/또는 에너지 전환 장치가 방전되었다. 이렇게 함에 있어서, 전지는 1 분 미만에 약 3.9 V 의 값으로 분극화되고, 이후 2.5 시간 이내에 약 2.8 V 의 값으로 분극화되고, 이후 3.5 시간 이내에 약 1.25 V 의 값으로 분극화되었다. 충전 및 방전 곡선은 2 개의 전자 트랜지션을 갖는 네른스트 방정식 (Nernst equation) 에 상응하는 거동을 나타낸다.

도면

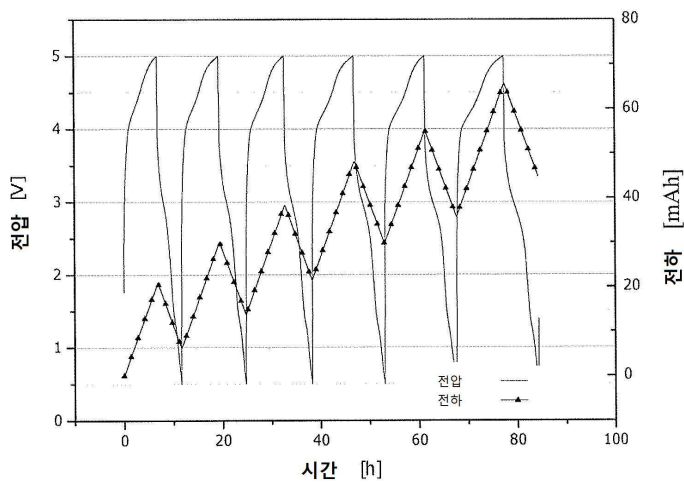
도면1



도 1: [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub>의 [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub>로의 환원 피크

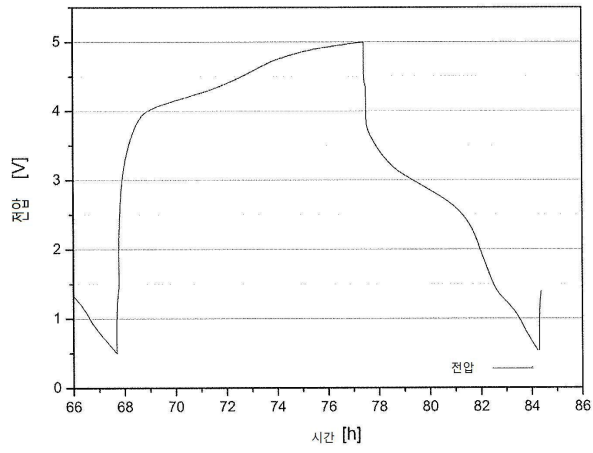
- (a) 시차-펄스-전압전류법 (80 mV 펄스, 50 ms 펄스 너비, 200ms 펄스 길이, 10 mV/s 스캔 속도)
- (b) 순환-전압전류법 (25°C 에서 CH<sub>3</sub>CN/톨루엔 중 C<sub>60</sub>의 100mV/s)

도면2



도 2: 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 중 10 % [5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 을 갖는 전지의 충전 및 방전 곡선

도면3



도 3: 1-메틸-1-프로필피롤리디늄비스(트리플루오로메틸술포닐)이미드 중 10 %  
[5,6]-풀러렌-C<sub>60</sub> 을 갖는 전지의 단일 충전 및 방전 곡선