



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0042959  
(43) 공개일자 2020년04월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
HOIG 11/84 (2013.01) HOIG 11/18 (2013.01)  
HOIG 11/32 (2013.01) HOIG 11/58 (2013.01)  
HOIG 11/78 (2013.01)
- (52) CPC특허분류  
HOIG 11/84 (2013.01)  
HOIG 11/18 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7010471(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2012년07월09일  
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2014-7003477  
원출원일자(국제) 2012년07월09일  
심사청구일자 2017년07월10일
- (85) 번역문제출일자 2020년04월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/045994
- (87) 국제공개번호 WO 2013/009720  
국제공개일자 2013년01월17일
- (30) 우선권주장  
61/505,715 2011년07월08일 미국(US)  
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인  
패스트캡 시스템즈 코포레이션  
미국 02210 매사추세츠주 보스턴 8번 플로어 드라  
이도크 애비뉴 21
- (72) 발명자  
시그노르엘리, 리카르도  
미국 02127 매사추세츠주 보스턴 유닛 502 아틀란  
틱 애비뉴 530  
쿨리, 존, 자콥  
미국 02129 매사추세츠주 보스턴 유닛 2208 8번  
스트리트 42  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
양영준, 정은진, 백만기

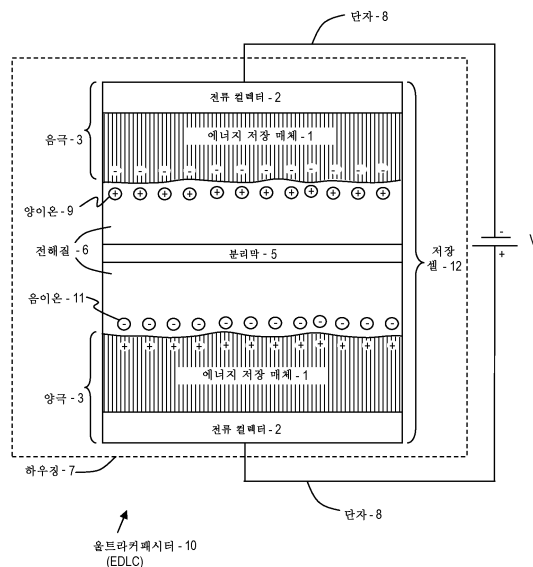
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 고온 에너지 저장 장치

(57) 요약

전해질에 담긴 에너지 저장 셀을 포함하고 밀폐 밀봉된 하우징 내에 배치된 울트라커패시터(ultracapacitor)로서, 상기 셀은 양의 접점 및 음의 접점과 전기적으로 결합되어 있고, 울트라커패시터는 섭씨 약 80도 내지 약 210도 사이의 온도 범위 내에서 전기적 에너지를 출력하도록 구성되어 있다. 제조 및 사용 방법들이 제시된다.

대표도 - 도1



- |  |  |
|--|--|
| <p>(52) CPC특허분류<br/> <i>H01G 11/32</i> (2013.01)<br/> <i>H01G 11/58</i> (2013.01)<br/> <i>H01G 11/78</i> (2013.01)<br/> <i>Y02E 60/13</i> (2013.01)</p> <p>(72) 발명자<br/> <b>딘, 크리스토퍼, 존, 시발드</b><br/>                 미국 02127 매사추세츠주 보스턴 에이피티. 3 보웬 스트리트 173<br/> <b>엠펙스테인, 제임스</b><br/>                 미국 02067 매사추세츠주 샤론 이스트 스트리트 138<br/> <b>쿠티필라이, 파드마나반, 사스탄</b><br/>                 미국 02148 매사추세츠주 몰던 아파트먼트 709 케네디 드라이브 224<br/> <b>마르티니, 파브리치오</b><br/>                 미국 02127 매사추세츠주 보스턴 유닛 비 케이 스트리트 249</p> | <p>(30) 우선권주장<br/>                 61/512,090 2011년07월27일 미국(US)<br/>                 61/560,888 2011년11월17일 미국(US)<br/>                 61/569,010 2011년12월09일 미국(US)<br/>                 61/602,713 2012년02월24일 미국(US)<br/>                 61/619,203 2012년04월02일 미국(US)</p> |
|--|--|
-

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

제1항에 기재된 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 명세서에서 개시되는 발명은 에너지 저장 셀에 관한 것으로서, 구체적으로는 고온에서 동작할 수 있는 전기 이중층 커패시터를 제공하기 위한 기술에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 에너지 저장 셀들은 우리 사회에서 보편적이다. 대부분의 사람들은 에너지 저장 셀을 단순히 "배터리"로서 인식하지만, 다른 타입의 셀들이 포함될 수 있다. 예를 들어, 최근에는 울트라커패시터들이 이들의 유리한 특성들의 결과로서 많은 주목을 받고 있다. 요컨대, 많은 타입의 에너지 저장 셀들이 알려져 있고 현재 사용되고 있다.

[0003] 일반적으로, 에너지 저장 셀은 (통과 같은) 하우징 내에 배치된 에너지 저장 매체를 포함한다. 금속 통은 셀에 대한 강건한 물리적 보호를 제공할 수 있지만, 그러한 통은 통상적으로 전기적으로 그리고 열적으로 전도성을 가지며, 에너지 저장 셀과 반응할 수 있다. 통상적으로, 그러한 반응은 주변 온도가 증가함에 따라 레이트가 상승한다. 많은 통의 전기 화학적 특성 또는 다른 특성들은 열악한 초기 성능을 유발할 수 있으며, 특히 상승된 온도에서 에너지 저장 셀의 때 이른 열화를 유발할 수 있다.

[0004] 사실상, 다양한 팩터들이 상승된 온도에서 에너지 저장 시스템들의 성능을 저하시키도록 작용한다. 따라서, 상승된 온도에서 전기 이중층 커패시터의 성능을 개선하기 위한 방법들 및 장치들이 필요하다. 바람직하게는, 그 방법들 및 장치들은 최소한의 비용으로 성능을 개선한다.

**발명의 내용**

[0005] 일 실시예에서, 울트라 커패시터가 개시된다. 울트라 커패시터는, 전해질 내에 잠기고, 기밀 밀봉된 하우징 내에 배치되는 에너지 저장 셀을 포함하며, 셀은 양의 컨택 및 음의 컨택에 전기적으로 결합되고, 울트라 커패시터는 약 80°C와 약 210°C 사이의 온도 범위 내의 온도에서 전기 에너지를 출력하도록 구성된다.

[0006] 다른 실시예에서, 울트라커패시터를 제조하기 위한 방법이 제공된다. 이 방법은 하우징 내에 에너지 저장 매체를 포함하는 에너지 저장 셀을 배치하는 단계; 및 약 80°C와 약 210°C 사이의 온도 범위 내에서 동작하도록 울트라커패시터를 구성하는 단계를 포함한다.

[0007] 또 다른 실시예에서, 울트라커패시터를 제조하기 위한 방법이 제공된다. 이 방법은 하우징 내에 에너지 저장 매체를 포함하는 에너지 저장 셀을 배치하는 단계; 및 약 80°C와 약 210°C 사이의 온도 범위 내에서 동작하기에 적합한 전해질로 하우징을 충전하는 단계를 포함한다.

[0008] 추가적인 실시예에서, 울트라커패시터가 개시된다. 울트라커패시터는 전해질로 적셔지고 하우징 내에 배치된 에너지 저장 셀을 포함하며, 하우징 내의 수분의 레벨은 저장 셀과 전해질의 합산 무게를 기준으로 약 1,000 ppm(parts per million) 이하이다.

[0009] 더 추가적인 실시예에서, 울트라커패시터가 개시된다. 울트라커패시터는 전해질로 적셔지고 하우징 내에 배치된 에너지 저장 셀을 포함하며, 하우징 내의 할라이드 불순물들의 레벨은 저장 셀과 전해질의 합산 무게를 기준으로 1,000 ppm 이하이다.

[0010] 다른 실시예에서, 울트라커패시터 내의 오염물을 특성화하기 위한 방법이 제공된다. 이 방법은 울트라커패시터의 하우징을 파괴하여 그의 내용물에 액세스하는 단계; 내용물을 샘플링하는 단계; 및 샘플을 분석하는 단계를

포함한다.

- [0011] 일 실시예에서, 울트라커패시터가 개시된다. 울트라커패시터는 약 100°C와 약 150°C 사이의 범위 내의 실질적으로 일정한 온도로 유지되는 동안에 약 10mA/cc보다 작은 볼륨 누설 전류(mA/cc)를 나타낸다.
- [0012] 일 실시예에서, 울트라커패시터가 개시된다. 울트라커패시터는 약 140°C와 180°C 사이의 온도 범위 내의 실질적으로 일정한 온도로 유지되는 동안에 약 10mA/cc 미만의 볼륨 누설 전류를 나타낸다.
- [0013] 일 실시예에서, 울트라커패시터가 개시된다. 울트라커패시터는 약 170°C와 210°C 사이의 온도 범위 내의 실질적으로 일정한 온도로 유지되는 동안에 약 10mA/cc 미만의 볼륨 누설 전류를 나타낸다.
- [0014] 다른 실시예에서, 고온 재충전 가능 에너지 저장 장치를 제공하기 위한 방법이 개시된다. 이 방법은 약 80°C 내지 약 210°C의 온도 범위 내의 주변 온도에 노출될 때 0.01 W/리터와 100 kW/리터 사이의 초기 피크 전력 밀도 및 적어도 20 시간의 수명을 나타내는 고온 재충전 가능 에너지 저장 장치(HTRES)를 선택하는 단계; 및 저장 장치를 제공하는 단계를 포함한다.
- [0015] 다른 실시예에서, 고온 재충전 가능 에너지 저장 장치를 사용하기 위한 방법이 개시된다. 이 방법은 HTRES를 획득하는 단계; 및 HTRES를 20 시간의 지속 기간에 걸쳐 적어도 두 번 택일적으로 충전 및 방전시킴으로써 HTRES를 순환시키는 단계 및 HTRES 양단의 전압을 20 시간 동안 유지하는 단계 중 적어도 하나의 단계를 포함하며, 따라서 HTRES는 약 80°C와 약 210°C 사이의 온도 범위 내의 주변 온도에서 동작할 때 20 시간 후에 0.005 W/리터와 75 kW/리터 사이의 피크 전력 밀도를 나타낸다.
- [0016] 다른 실시예에서, 고온 재충전 가능 에너지 저장 장치를 사용하기 위한 방법이 개시된다. 이 방법은 울트라커패시터를 획득하는 단계; 및 울트라커패시터 양단의 전압을 유지하는 단계를 포함하며, 따라서 울트라커패시터는 20 시간 후에 약 0.005 W/리터와 약 75 kW/리터 사이의 피크 전류 밀도를 나타낼 것이고, 여기서 울트라커패시터는 양단의 전압을 유지하는 동안에 약 80°C 내지 약 210°C의 온도 범위 내의 주변 온도에 노출된다.
- [0017] 다른 실시예에서, 울트라커패시터를 사용하기 위한 방법이 개시된다. 이 방법은 전해질 및 2개의 전극을 갖는 울트라커패시터를 획득하는 단계를 포함하고, 전극들 각각은 전류 컬렉터와 전기적으로 통신하고, 분리막에 의해 나머지 전극과 분리되며, 울트라커패시터의 충전 및 방전 중 하나는 약 0.1 Wh-kW/리터<sup>2</sup> 내지 약 100 Wh-kW/리터<sup>2</sup>의 범위 내의 피크 전력 및 에너지 밀도들의 초기 결합을 제공하고, 상기 결합은 수학적으로 울트라커패시터의 피크 전력 밀도와 에너지 밀도의 곱이고, 울트라커패시터는 약 80°C 내지 약 210°C의 온도 범위 내의 주변 온도에 노출될 때 적어도 20시간의 내구성 기간을 나타내며, 내구성은 그 기간 동안의 약 50 퍼센트 이하의 피크 전력 밀도의 감소로써 표시되고, 울트라커패시터는 적어도 두 번 충전 및 방전되도록 구성된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 본 발명의 기술한 특징들 및 다른 특징들은 첨부 도면들과 관련하여 이루어지는 아래의 상세한 설명으로부터 명백하다. 도면들에서:
  - 도 1은 예시적인 울트라커패시터의 양태들을 도시한다.
  - 도 2는 기관 상에 성장된 복수의 탄소 나노튜브(CNT)를 나타내는 블록도이다.
  - 도 3은 전극 엘리먼트를 제공하기 위해 도 3의 CNT 상에 전류 컬렉터를 배치하는 것을 나타내는 블록도이다.
  - 도 4는 도 3의 전극 엘리먼트에 대한 전달 테이프(transfer tape)의 추가를 나타내는 블록도이다.
  - 도 5는 전달 프로세스 동안의 전극 엘리먼트를 나타내는 블록도이다.
  - 도 6은 전달 후의 전극 엘리먼트를 나타내는 블록도이다.
  - 도 7은 복수의 전극 엘리먼트로부터 제조된 예시적인 전극을 나타내는 블록도이다.
  - 도 8은 예시적인 울트라커패시터 내에 포함될 수 있는 양이온들에 대한 주요 구조들의 실시예들을 도시한다.
  - 도 9 및 10은 원시(raw) 전해질 및 정제된 전해질 각각을 사용하는 예시적인 울트라커패시터에 대한 비교 데이터를 제공한다.
  - 도 11은 예시적인 울트라커패시터에 대한하우징의 일 실시예를 도시한다.

도 12는 예시적인 커패시터에 대한 저장 셀의 일 실시예를 도시한다.

도 13은 하우징의 보디의 내부에 배치된 배리어를 도시한다.

본 명세서에서 도 14로서 공동으로 지칭되는 도 14a 및 14b는 하우징에 대한 캡의 양태들을 도시한다.

도 15는 본 발명의 교시에 따른 울트라커패시터의 조립체를 도시한다.

본 명세서에서 도 16으로서 공동으로 지칭되는 도 16a 및 16b는 배리어가 없는 실시예 및 배리어를 포함하는 유사한 실시예 각각에 대한 성능을 나타내는 그래프들이다.

도 17은 저장 셀에 대해 랩퍼(wrapper)로서 배치된 배리어를 도시한다.

본 명세서에서 도 18로서 공동으로 지칭되는 도 18a, 18b 및 18c는 다층 재료들을 포함하는 캡(cap)의 실시예들을 도시한다.

도 19는 유리-금속 셀(seal)을 포함하는 전극 조립체의 단면도이다.

도 20은 도 18b의 캡 내에 설치된 도 19의 전극 조립체의 단면도이다.

도 21은 조립체에 있어서의 에너지 저장 셀의 구성을 도시한다.

본 명세서에서 도 22로서 공동으로 지칭되는 도 22a, 22b 및 22c는 조립된 에너지 저장 셀의 실시예들을 도시한다.

도 23은 울트라커패시터 내로의 폴리머 절연체의 합체를 도시한다.

본 명세서에서 도 24로서 공동으로 지칭되는 도 24a, 24b 및 24c는 에너지 저장을 위한 캡의 다른 실시예에 대한 템플릿의 양태들을 도시한다.

도 25는 반구 형상의 재료를 포함하는 전극 조립체의 사시도이다.

도 26은 도 24의 템플릿 내에 설치된 도 25의 전극 조립체를 포함하는 캡의 사시도이다.

도 27은 도 26의 캡의 단면도이다.

도 28은 전극 조립체와 저장 셀의 단자의 결합을 도시한다.

도 29는 원통형 하우징 내에 배치된 에너지 저장 셀의 투명 등축도이다.

도 30은 일 실시예의 다양한 층들을 나타내는 저장 셀의 측면도이다.

도 31은 복수의 리드(lead)를 배치하기 위한 기준 표시를 포함하는 감긴 저장 셀의 등축도이다.

도 32는 풀렸을 때의 도 31의 저장 셀의 등축도이다.

도 33은 복수의 리드를 포함하는 감긴 저장 셀을 도시한다.

도 34는 저장 셀에 결합된, 정렬된 리드들(즉, 단자) 내에 주어진 Z-폴드(fold)를 도시한다.

도 35-38은 예시적인 울트라커패시터들의 성능을 나타내는 그래프들이다.

도 39-43은 210°C에서의 예시적인 울트라커패시터들의 성능을 나타내는 그래프들이다.

### **발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0019] 넓은 온도 범위에서 사용자들에게 개선된 성능을 제공하는 커패시터가 본 명세서에서 개시된다. 예를 들어, 커패시터는 약 -40°C 정도로 낮은 온도로부터 약 210°C 정도로 높은 온도까지의 범위에 걸치는 온도들에서 동작할 수 있다. 일부 실시예들에서, 커패시터는 약 80°C로부터 약 210°C 정도로 높은 온도까지의 범위에 걸치는 온도들에서 동작할 수 있다.

[0020] 일반적으로, 커패시터는 종래 기술의 장치들에 비해 높은 전력 밀도 및 높은 에너지 밀도를 제공하는 데 적합한 에너지 저장 매체를 포함한다. 커패시터는 온도 범위에 걸쳐 동작을 보장하도록 구성되는 컴포넌트들을 포함하며, 온도 범위에 대해 또한 정격화(rated)되는 다양한 형태의 전해질들 중 어느 하나 이상의 전해질을 포함한다. 구성, 에너지 저장 매체 및 전해질의 결합은 극한 조건들 하에서 강건한 동작을 제공하기 위한 능력을 야기시킨다. 소정의 전망을 제공하기 위해, 이제 일 실시예의 양태들이 소개된다.

- [0021] 도 1에 도시된 바와 같이, 커패시터의 일 실시예가 도시된다. 이 예에서, 커패시터는 "울트라커패시터(10)"이다. 예시적인 울트라커패시터(10)는 전기 이중층 커패시터(electric double-layer capacitor; EDLC)이다. EDLC는 적어도 한 쌍의 전극들(3)을 포함한다(전극들(3)은 본 명세서에서 단지 참조의 목적을 위해 음극(3) 및 양극(3)으로 지칭될 수 있다). 울트라커패시터(10)로 조립될 때, 전극들(3) 각각은 전해질 계면에서 이중 전하층을 제공한다. 일부 실시예들에서는, 복수의 전극(3)이 포함된다(예를 들어, 일부 실시예들에서는 적어도 두 쌍의 전극(3)이 포함된다). 그러나, 설명의 목적을 위해, 한 쌍의 전극(3)만이 도시된다. 본 명세서에서 통상적으로, 전극들(3) 중 적어도 하나는 에너지 저장을 제공하기 위해 (본 명세서에서 더 설명되는 바와 같은) 탄소 계열 에너지 저장 매체(1)를 사용한다. 그러나, 본 명세서에서의 설명의 목적을 위해, 일반적으로 전극들 각각은 탄소 계열 에너지 저장 매체(1)를 포함하는 것으로 가정한다. 금속 전극의 면적이 크게(적어도 10배) 다르므로 전해질 커패시터는 울트라커패시터와 다르다는 점에 유의해야 한다.
- [0022] 전극들(3) 각각은 ("전하 컬렉터"로도 지칭되는) 각각의 전류 컬렉터(2)를 포함한다. 일부 실시예들에서, 전극들(3)은 분리막(5)에 의해 분리된다. 일반적으로, 분리막(5)은 음극(3)과 양극(3)을 분리하는 데 사용되는 얇은 구조의 재료(일반적으로 시트)이다. 분리막(5)은 전극들(3)의 쌍들을 분리하는 데에도 사용될 수 있다. 조립되면, 전극들(3) 및 분리막(5)은 저장 셀(12)을 제공한다. 일부 실시예들에서는 탄소 계열 에너지 저장 매체(1)가 전극들(3) 중 한쪽 또는 양쪽에 포함되지 않을 수 있다는 점에 유의한다. 즉, 일부 실시예들에서는 각각의 전극(3)이 전류 컬렉터(2)만으로 구성될 수 있다. 전류 컬렉터(2)를 제공하는 데 사용되는 재료는 그의 표면적을 증가시키기 위해 거칠거나, 양극 산화되거나, 기타 등등일 수 있다. 이러한 실시예들에서는 전류 컬렉터(2)가 단독으로 전극(3)으로 사용될 수 있다. 그러나, 이를 기억하면서, 본 명세서에서 사용될 때, 용어 "전극(3)"은 일반적으로 에너지 저장 매체(1)와 전류 컬렉터(2)의 결합을 지칭한다(그러나 이것은 전술한 이유로 인해 한정은 아니다).
- [0023] 적어도 한 가지 형태의 전해질(6)이 울트라커패시터(10) 내에 포함된다. 전해질(6)은 전극들(3)과 분리막(5) 내의 그리고 그들 사이의 빈 공간들을 채운다. 일반적으로, 전해질(6)은 하전 이온들로 분리되는 재료이다. 전해질(6)의 일부 실시예들에서는 적절한 경우에 재료를 분해하는 용매가 포함될 수 있다. 전해질(6)은 이온 전달에 의해 전기를 전도한다.
- [0024] 일반적으로, 저장 셀(12)은 감긴 형태 또는 프리즘 형태 중 하나의 형태로 형성된 후에 원통 또는 프리즘 하우징(7) 내에 패키징된다. 전해질(6)이 포함되면, 하우징(7)은 기밀 밀봉될 수 있다. 다양한 예들에서, 패키지는 레이저, 초음파 및/또는 용접 기술들을 이용하는 기술들에 의해 기밀 밀봉된다. 저장 셀(12)의 강건한 물리적 보호를 제공하는 것에 더하여, 하우징(7)은 하우징(7) 내의 각각의 단자들(8)과의 전기적 통신을 제공하기 위한 외부 컨택들을 갖도록 구성된다. 단자들(8) 각각은 또한 일반적으로 에너지 저장 매체(1)에 결합되는 전기 리드들을 통해 에너지 저장 매체(1) 내에 저장된 에너지에 대한 전기적 액세스를 제공한다.
- [0025] 본 명세서에서 설명되는 바와 같이, "기밀(hermetic)"은 주변 대기압 및 온도에서 초당 1 세제곱 센티미터의 가스(예로서, He)를 의미하는 "atm-cc/초"의 단위로 품질(즉, 누설 레이트)이 정의되는 밀봉을 지칭한다. 이것은 "표준 He-cc/초"의 단위 표현과 동등하다. 게다가, 1 atm-cc/초는 1.01325 밀리바-리터/초(mbar-liter/second)와 동일하다는 것을 인식한다. 일반적으로, 본 명세서에서 개시되는 울트라커패시터(10)는 약  $5.0 \times 10^{-6}$  atm-cc/초 이하의 누설 레이트를 갖는 기밀 밀봉을 제공할 수 있으며, 약  $5.0 \times 10^{-10}$  atm-cc/초 이하의 누설 레이트를 보일 수 있다. 적절한 경우에 성공적인 기밀 밀봉의 수행은 사용자, 설계자 또는 제조자에 의해 판단되며, "기밀"은 궁극적으로 사용자, 설계자, 제조자 또는 다른 관련자에 의해 정의되는 표준을 암시한다는 것도 고려된다.
- [0026] 누설 검출은 예를 들어 트레이서 가스(tracer gas)의 사용에 의해 달성될 수 있다. 누설 테스트를 위해 헬륨과 같은 트레이서 가스를 사용하는 것은 건식이고, 빠르고, 정확하고, 비파괴적인 방법이므로 유리하다. 이러한 기술의 일례에서, 울트라커패시터(10)는 헬륨의 환경 내에 배치된다. 울트라커패시터(10)는 가압된 헬륨에 노출된다. 이어서, 울트라커패시터(10)는 헬륨의 존재를 모니터링할 수 있는 검출기(원자 흡수 유닛 등)에 접속된 진공 챔버 내에 배치된다. 가압 시간, 압력 및 내부 볼륨의 지식을 이용하여, 울트라커패시터(10)의 누설 레이트가 결정될 수 있다.
- [0027] 일부 실시예들에서는, (본 명세서에서 "탭(tab)"로도 지칭될 수 있는) 적어도 하나의 리드가 전류 컬렉터들(2) 각각에 전기적으로 결합된다. (울트라커패시터(10)의 극성에 따라) 복수의 리드가 함께 그룹화되고, 각각의 단자(8)로 결합될 수 있다. 또한, 단자(8)는 "컨택"(예를 들어, 하우징(7) 및 외부 전극(본 명세서에서 통상적으로 "피드-스루(feed-through)" 또는 "핀(pin)"으로도 지칭됨) 중 하나)으로 지칭되는 전기적 액세스에 결합될

수 있다. 도 28 및 32 내지 34를 참조할 수 있다. 이제, 에너지 저장 매체(1)를 더 상세히 고찰한다.

- [0028] 예시적인 울트라커패시터(10)에서, 에너지 저장 매체(1)는 탄소 나노튜브로 형성된다. 에너지 저장 매체(1)는 활성 탄소, 탄소 섬유, 레이온, 그래핀, 에어로겔, 탄소 천(cloth) 및 복수의 형태의 탄소 나노튜브를 포함하는 다른 탄소질 재료들을 포함할 수 있다. 예를 들어 탄소 화합물의 탄화에 의해 얻어진 탄소 재료에 제1 활성화 처리를 수행하여 탄소 기저재를 생성하고, 탄소 기저재에 결합제를 추가하여 형성된 보디(body)를 생성하고, 형성된 보디를 탄화하고, 마지막으로 탄화된 형성된 보디에 제2 활성화 처리를 수행하여 활성 탄소 전극을 생성함으로써 활성 탄소 전극이 제조될 수 있다. 예를 들어 큰 표면적의 탄소 섬유들을 갖는 종이 또는 천 프리-폼(pre-form)을 이용하여 탄소 섬유 전극들이 생성될 수 있다.
- [0029] 탄소 나노튜브들을 제조하기 위한 예시적인 방법에서, 정렬된 탄소 나노튜브 집성물을 생성하기 위한 장치는 표면 상에 촉매를 갖는 기저재 상에서 정렬된 탄소 나노튜브 집성물을 합성하기 위한 장치를 포함한다. 장치는 촉매를 둘러싸는 환경이 환원 가스(reducing gas)의 환경이 되게 하고, 적어도 촉매 또는 환원 가스를 가열하는 형성 단계를 처리하는 형성 유닛; 촉매를 둘러싸는 환경이 원시 재료 가스의 환경이 되게 하고, 적어도 촉매 또는 원시 재료 가스를 가열함으로써 정렬된 탄소 나노튜브 집성물을 합성하는 성장 단계를 처리하는 성장 유닛; 및 적어도 형성 유닛으로부터 성장 유닛으로 기저재를 전달하는 전달 유닛을 포함한다. 정렬된 탄소 나노튜브 집성물을 제공하기 위해 다양한 다른 방법들 및 장치들이 이용될 수 있다.
- [0030] 일부 실시예들에서, 에너지 저장 매체(1)를 형성하는 데 사용되는 재료는 순수 탄소가 아닌 다른 재료(그리고 현재 존재하거나 나중에 고안될 수 있는 바와 같은 다양한 형태의 탄소)를 포함할 수 있다. 즉, 다른 재료들의 다양한 형성이 에너지 저장 매체(1)에 포함될 수 있다. 더 구체적으로 그리고 비한정적인 예로서, 적어도 하나의 결합제 재료가 에너지 저장 매체(1)에서 사용될 수 있지만, 이것은 (결합제 재료와 같은) 다른 재료들의 추가를 시사하거나 요구하지는 않는다. 그러나, 일반적으로, 에너지 저장 매체(1)는 실질적으로 탄소로 형성되며, 따라서 본 명세서에서는 "탄소질 재료"로서, "탄소질 층"으로서 그리고 다른 유사한 용어들로 지칭될 수 있다. 요컨대, 에너지 저장 매체(1)는 주로 탄소로 형성되지만, 에너지 저장 매체(1)로서의 필요한 기능을 제공하기 위해 임의 형태의 탄소(또한 적절하거나 수용 가능한 것으로 간주되는 바와 같은 임의의 첨가제들 또는 불순물들)를 포함할 수 있다.
- [0031] 한 세트의 실시예들에서, 탄소질 재료는 적어도 약 60 질량 %의 원소 탄소를 포함하며, 다른 실시예들에서는 적어도 약 75 질량 %, 85 질량 %, 90 질량 %, 95 질량 % 또는 98 질량 %의 원소 탄소를 포함한다.
- [0032] 탄소질 재료는 카본 블랙, 흑연 등을 포함하는 다양한 형태의 탄소를 포함할 수 있다. 탄소질 재료는 나노튜브, 나노 막대(nanorod), 시트 형태의 그래핀 시트와 같은 그리고/또는 원뿔, 막대(rod), 구(버키볼) 등으로 형성된 나노 입자들을 포함하는 탄소 입자들을 포함할 수 있다.
- [0033] 에너지 저장 매체(1)에 사용하기에 적합한 다양한 형태의 탄소질 재료의 일부 실시예들이 본 명세서에서 예들로서 제공된다. 이러한 실시예들은 강건한 에너지 저장을 제공하며, 전극(3)에 사용하기에 적합하다. 이러한 예들은 예시적이며, 에너지 저장 매체(1)에 사용하기에 적합한 탄소질 재료의 실시예들을 한정하지 않는다는 점에 유의해야 한다.
- [0034] 일반적으로, 용어 "전극"은 전기 회로 내에 포함될 수 있는 장치에서 종종 금속이 아닌 다른 재료와 접촉하는 데 사용되는 전기 도체를 지칭한다. 일반적으로, 본 명세서에서 사용되는 바와 같은 용어 "전극"은 전류 컬렉터(2), 및 필요한 기능을 제공하기 위해 전류 컬렉터(2)에 동반할 수 있는 바와 같은 (에너지 저장 매체(1)와 같은) 추가적인 컴포넌트들(예를 들어, 에너지 저장 및 에너지 전송을 제공하기 위해 전류 컬렉터(2)에 일치되는 에너지 저장 매체(1))과 관련된다. 이제, 전극(3)을 제공하기 위해 에너지 저장 매체(1)에 전류 컬렉터(2)를 제공하기 위한 예시적인 프로세스가 제공된다.
- [0035] 이제, 도 2를 참조하면, 탄소 나노튜브 집성물(CNT)의 형태의 탄소질 재료에 대해 호스트인 기관(14)이 도시된다. 도시된 실시예에서, 기관(14)은 기저재(17)를 포함하며, 그 위에는 촉매(18)의 박층이 배치된다.
- [0036] 일반적으로, 기관(14)은 적어도 어느 정도는 유연하며(즉, 기관(14)은 깨지기 쉽지 않으며), 에너지 저장 매체(1)(예를 들어, CNT)의 침적을 위한 환경들에 견딜 수 있는 컴포넌트들로 제조된다. 예를 들어, 기관(14)은 약 400°C 내지 약 1,100°C의 고온 환경을 견딜 수 있다. 적절한 것으로 결정될 때, 다양한 재료가 기관(14)에 사용될 수 있다.
- [0037] 이제, 도 3을 참조한다. 에너지 저장 매체(1)(예로서, CNT)가 기관(14) 상에 제조되면, 전류 컬렉터(2)가 그 위에 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전류 컬렉터(2)는 약 0.5 마이크로미터( $\mu\text{m}$ ) 내지 약 25 마이크로미터

터( $\mu\text{m}$ )의 두께를 갖는다. 일부 실시예들에서, 전류 컬렉터(2)는 약 20 마이크로미터( $\mu\text{m}$ ) 내지 약 40 마이크로미터( $\mu\text{m}$ )의 두께를 갖는다. 전류 컬렉터(2)는 화학 기상 침적(CVD), 스퍼터링, 전자 빔, 열 증착 또는 다른 적절한 기술에 의해 적용되는 층과 같은 박층으로서 나타날 수 있다. 일반적으로, 전류 컬렉터(2)는 도전율, 전기 화학적 불활성 및 에너지 저장 매체(1)(예로서, CNT)와의 양립성과 같은 그의 특성들로 인해 선택된다. 일부 예시적인 재료들은 알루미늄, 백금, 금, 탄탈륨, 티타늄을 포함하며, 다른 재료들은 물론, 다양한 합금들도 포함할 수 있다.

- [0038] 전류 컬렉터(2)가 에너지 저장 매체(1)(예로서, CNT) 상에 배치되면, 전극 엘리먼트(15)가 실현된다. 각각의 전극 엘리먼트(15)는 개별적으로 전극(3)으로 사용될 수 있거나, 전극(3)을 제공하기 위해 적어도 다른 하나의 전극 엘리먼트(15)에 결합될 수 있다.
- [0039] 전류 컬렉터(2)가 원하는 표준에 따라 제조되면, 제조후 처리가 수행될 수 있다. 예시적인 후처리는 약한 산화 환경에서의 에너지 저장 매체(1)(예로서, CNT)의 가열 및 냉각을 포함한다. 제조(및 선택적인 후처리)에 이어서, 전류 컬렉터(2)에 전달 툴(transfer tool)이 적용될 수 있다. 도 4를 참조할 수 있다.
- [0040] 도 4는 전류 컬렉터(2)에 대한 전달 툴(13)의 적용을 도시한다. 이 예에서, 전달 툴(13)은 "건식" 전달 방법에서 사용되는 열 해제 테이프(thermal release tape)이다. 예시적인 열 해제 테이프는 캘리포니아 프레몬드 및 일본 오사카의 NITTO DENKO CORPORATION에 의해 제조된다. 하나의 적절한 전달 테이프는 REVALPHA로서 판매된다. 이러한 해제 테이프는 실온에서 단단하게 접착하고 가열에 의해 벗겨질 수 있는 접착제 테이프로서 특성화될 수 있다. 이 테이프, 및 열 해제 테이프의 다른 적절한 실시예들은 사전 결정된 온도에서 해제될 것이다. 이롭게도, 해제 테이프는 전극 엘리먼트(15) 상에 화학적으로 활성인 잔여물을 남기지 않는다.
- [0041] "습식" 전달 방법으로 지칭되는 다른 프로세스에서는 화학적 해제를 위해 설계된 테이프가 사용될 수 있다. 적용된 테이프는 용매 내에 담금으로써 제거된다. 용매는 접착제를 녹이도록 설계된다.
- [0042] 다른 실시예들에서, 전달 툴(13)은 예를 들어 전류 컬렉터(2)에 대한 흡입력의 적용에 의한 "압축 공기" 방법을 이용한다. 흡입력은 예를 들어 흡입력을 분산시키기 위한 복수의 구멍을 갖는 약간 큰 크기의 패들(paddle)을 통해 적용될 수 있다. 다른 예에서, 흡입력은 흡입력을 분산시키기 위한 복수의 구멍을 갖는 롤러를 통해 적용된다. 흡입력 기반 실시예들은 전기적으로 제어되는 이점 및 소모 가능한 재료들이 전달 프로세스의 일부로서 사용되지 않음에 따라 경제적인 이점을 제공한다. 전달 툴(13)의 다른 실시예들이 이용될 수 있다.
- [0043] 전달 툴(13)이 전류 컬렉터(2)에 임시 결합되면, 전극 엘리먼트(15)가 기관(14)으로부터 적절히 제거된다(도 4 및 5 참조). 일반적으로 제거는 기관(14) 및 에너지 저장 매체(1)(예로서, CNT)의 하나의 에지에서 시작하여 기관(14)으로부터 에너지 저장 매체(1)(예로서, CNT)를 벗겨내는 단계를 포함한다.
- [0044] 이어서, 전달 툴(13)이 전극 엘리먼트(15)로부터 분리될 수 있다(도 6 참조). 일부 실시예들에서, 전달 툴(13)은 전극 엘리먼트(15)를 설치하는 데 사용된다. 예를 들어, 전달 툴(13)은 전극 엘리먼트(15)를 분리막(5) 상에 배치하는 데 사용될 수 있다. 일반적으로, 기관(14)으로부터 제거되면, 전극 엘리먼트(15)는 사용이 가능하다.
- [0045] 큰 전극(3)이 요구되는 예들에서는, 복수의 전극 엘리먼트(15)가 일치될 수 있다. 도 7을 참조할 수 있다. 도 7에 도시된 바와 같이, 예를 들어 커플링(22)을 복수의 전극 엘리먼트(15)의 각각의 전극 엘리먼트(15)에 일치 시킴으로써 복수의 전극 엘리먼트(15)가 일치할 수 있다. 일치된 전극 엘리먼트들(15)은 전극(3)의 일 실시예를 제공한다.
- [0046] 일부 실시예들에서, 커플링(22)은 용접부(21)에서 전극 엘리먼트들(15) 각각에 결합된다. 용접부들(21) 각각은 초음파 용접부(21)으로서 제공될 수 있다. 초음파 용접 기술들은 각각의 용접부(21)을 제공하는 데에 특히 적합한 것으로 밝혀졌다. 즉, 일반적으로, 에너지 저장 매체(1)(예로서, CNT)의 짐성물은 용접에 적합하지 않으며, 본 명세서에서 개시되는 바와 같은 명목상의 전류 컬렉터만이 사용된다. 결과적으로, 전극 엘리먼트들(15)을 결합하기 위한 많은 기술은 파괴적이며, 엘리먼트(15)를 손상시킨다. 그러나, 다른 실시예들에서는 다른 형태의 결합이 사용되며, 커플링(22)은 용접부(21)가 아니다.
- [0047] 커플링(22)은 포일(foil), 메쉬(mesh), 복수의 와이어 또는 다른 형태들일 수 있다. 일반적으로, 커플링(22)은 도전율 및 전기 화학적 불활성과 같은 특성들로 인해 선택된다. 일부 실시예들에서, 커플링(22)은 전류 컬렉터(2) 내에 존재하는 것과 동일한 재료(들)로 제조된다.
- [0048] 일부 실시예들에서, 커플링(22)은 그 위의 산화물 층을 제거함으로써 준비된다. 산화물은 예를 들어 용접부

(21)을 제공하기 전에 커플링(22)을 에칭함으로써 제거될 수 있다. 에칭은 예를 들어 칼륨 수산화물(KOH)을 이용하여 달성될 수 있다. 전극(3)은 울트라커패시터(10)의 다양한 실시예들에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 전극(3)은 "젤리 롤" 타입의 에너지 저장 장치로 감길 수 있다.

[0049] 분리막(5)은 다양한 재료로 제조될 수 있다. 일부 실시예들에서, 분리막(5)은 부직(non-woven) 유리이다. 분리막(5)은 또한 섬유 유리, 세라믹, 및 텔라웨어 윌밍턴의 DuPont Chemicals에 의해 일반적으로 TEFLON(상표)으로서 판매되는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)와 같은 플루오로-폴리머들로 제조될 수 있다. 예를 들어, 부직유리를 사용하는 경우, 분리막(5)은 주요 섬유들 및 결합제 섬유들을 포함할 수 있으며, 결합제 섬유들 각각은 주요 섬유들 각각의 직경보다 작은 섬유 직경을 갖고, 주요 섬유들이 함께 결합되게 할 수 있다.

[0050] 울트라커패시터(10)의 긴 수명을 위해 그리고 고온에서의 성능을 보장하기 위해, 분리막(5)은 감소된 양의 불순물, 특히 매우 제한된 양의 수분을 그 안에 포함해야 한다. 구체적으로, 화학 반응을 줄이고 울트라커패시터(10)의 수명을 개선하기 위해 그리고 고온 응용들에서 양호한 성능을 제공하기 위해, 수분을 약 200 ppm으로 제한하는 것이 바람직한 것으로 밝혀졌다. 분리막(5)에 사용하기 위한 재료들의 일부 실시예들은 폴리아미드, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 알루미늄 산화물(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 섬유 유리 및 유리 강화 플라스틱(GRP)을 포함한다.

[0051] 일반적으로, 분리막(5)에 사용되는 재료들은 수분 함유량, 다공성, 용점, 불순물 함유량, 결과적인 전기적 성능, 두께, 비용, 가용성 등에 따라 선택된다. 일부 실시예들에서, 분리막(5)은 소수성 재료들로 형성된다.

[0052] 따라서, 각각의 분리막(5)로부터 과도한 수분을 제거하는 것을 보장하기 위한 절차들이 이용될 수 있다. 다른 기술들 중에서, 진공 건조 절차가 이용될 수 있다. 분리막(5)에 사용하기 위한 재료의 선택이 표 1에 제공된다. 일부 관련 성능 데이터가 표 2에 제공된다.

**표 1**

분리막 재료들

재료	용점	PPM H <sub>2</sub> O (소부되지 양음)	PPM H <sub>2</sub> O (소부됨)	진공 건조 절차
폴리아미드	256°C	2052	20	180°C에서 24시간 동안
폴리테트라플루오로에틸렌 (PTFE)	327°C	286	135	150°C에서 24시간 동안
폴리에테르에테르케톤 (PEEK)	256°C	130	50	215°C에서 12시간 동안
알루미늄 산화물 (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	330°C	1600	100	215°C에서 24시간 동안
섬유 유리(GPR)	320°C	2000	167	215°C에서 12시간 동안

[0053]

**표 2**

분리막 성능 데이터

재료	μm	다공성	ESR 1차 테스트(Ω)	ESR 2차 테스트(Ω)	10 CV 후
폴리아미드	42	부직	1.069	1.069	1.213
PEEK	45	메쉬	1.665	1.675	2.160
PEEK 60%	25	60%	0.829	0.840	0.883
섬유 유리(GRP)	160	부직	0.828	0.828	0.824
알루미늄 산화물 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25	-	2.400	2.400	2.400

[0054]

[0055] 표 2에 대한 데이터를 수집하기 위하여, 탄소질 재료에 기초하는 2개의 전극(3)이 제공되었다. 전극들(3)은 서로 반대로 그리고 대면하게 배치되었다. 분리막들(5) 각각은 단락을 방지하기 위해 전극들(3) 사이에 배치되었다. 이어서, 3개의 컴포넌트가 전해질(6)로 적셔졌고 함께 압축되었다. 2개의 알루미늄 바 및 PTFE 재료가 결과적인 울트라커패시터(10)를 둘러싸기 위한 외부 구조로 사용되었다.

[0056] ESR 1차 테스트 및 ESR 2차 테스트는 동일 구성을 이용하여 하나씩 수행되었다. 2차 테스트는 1차 테스트가 끝나고 5분 후에 행해져, 전해질(6)이 컴포넌트들 내로 더 스며들 시간을 주었다.

- [0057] 일부 실시예들에서 울트라커패시터(10)는 분리막(5)을 필요로 하지 않거나 포함하지 않는다는 점에 유의한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 예를 들어 전극들(3)이 구성의 기하 배열에 의해 물리적 분리를 보장받는 경우에는 전극들(3) 사이에 전해질(6)만을 갖는 것으로 충분하다. 더 구체적으로, 물리적 분리의 일례로서, 하나의 그러한 울트라커패시터(10)는 분리가 연속적으로 보장되도록 하우징 내에 배치되는 전극들(3)을 포함할 수 있다. 벤치-톱(bench-top) 예시는 비커 내에 제공되는 울트라커패시터(10)를 포함할 것이다.
- [0058] 울트라커패시터(10)는 여러 상이한 폼 팩터로 구현될 수 있다(즉, 소정의 외관을 나타낼 수 있다). 잠재적으로 유용한 폼 팩터들의 예는 원통형 셀, 고리형 또는 링 형상의 셀, 편평 프리즘 셀 또는 박스형 셀을 포함하는 편평 프리즘 셀들의 스택, 및 굽은 공간과 같은 특정 기하 구조를 수용하도록 형상화된 편평 프리즘 셀을 포함한다. 원통형 폼 팩터는 원통형 도구 또는 원통형 폼 팩터로 설치된 도구와 관련하여 가장 유용할 수 있다. 고리형 또는 링 형상 폼 팩터는 링 형상이거나 링 형상 폼 팩터로 설치된 도구와 관련하여 가장 유용할 수 있다. 특정 기하 구조를 수용하도록 형상화된 편평 프리즘 셀은 "데드 스페이스"(즉, 점유되지 않은 그리고 일반적으로 액세스될 수 없는 도구 또는 장비 내의 공간)을 효율적으로 이용하는 데 유용할 수 있다.
- [0059] 일반적으로 본 명세서에서 "젤리 롤" 응용(즉, 원통형 하우징(7)을 위해 구성된 저장 셀(12))과 관련하여 개시되지만, 감긴 저장 셀(23)은 원하는 임의의 형태를 취할 수 있다. 예를 들어, 저장 셀(12)을 감는 것과 달리, 저장 셀(12)의 접음을 수행하여, 감긴 저장 셀(23)을 제공할 수 있다. 다른 타입의 조립체가 사용될 수 있다. 일례로서, 저장 셀(12)은 "코인 타입" 셀로서 지칭되는 편평 셀일 수 있다. 따라서, 감는 것은 감긴 저장 셀(23)의 조립을 위한 하나의 옵션일 뿐이다. 따라서, 본 명세서에서는 "감긴 저장 셀(23)"과 관련하여 설명되지만, 이것은 한정이지 않다. 용어 "감긴 저장 셀(23)"은 일반적으로 소정 설계의 하우징(7) 내에 잘 맞도록 저장 셀(12)을 패키징 또는 팩킹하는 임의의 적절한 형태를 포함한다는 것이 고려될 수 있다.
- [0060] 울트라커패시터(10)의 다양한 형태들이 함께 결합될 수 있다. 다양한 형태들은 용접 컨택들과 같은 공지 기술들을 이용하고, 적어도 하나의 기계적 커넥터를 사용하고, 컨택들을 서로 전기적으로 접촉하게 배치하는 등에 의해 함께 결합될 수 있다. 복수의 울트라커패시터(10)가 병렬 및 직렬 방식 중 적어도 하나의 방식으로 전기적으로 접속될 수 있다.
- [0061] 전해질(6)은 양이온들(9)과 음이온들(11)의 쌍을 포함하며, 용매를 포함할 수 있다. 전해질(6)은 적절한 경우에 "이온성 액체"로서 지칭될 수 있다. 양이온들(9), 음이온들(11) 및 용매의 다양한 조합들이 이용될 수 있다. 예시적인 울트라커패시터(10)에서, 양이온들(9)은 1-(3-시아노프로필)-3-메틸이미다졸륨, 1,2-디메틸-3-프로필이미다졸륨, 1,3-비스(3-시아노프로필)이미다졸륨, 1,3-디에톡시이미다졸륨, 1-부틸-1-메틸피페리디늄, 1-부틸-2,3-디메틸이미다졸륨, 1-부틸-3-메틸이미다졸륨, 1-부틸-4-메틸피리디늄, 1-부틸피리디늄, 1-데실-3-메틸이미다졸륨, 1-에틸-3-메틸이미다졸륨, 3-메틸-1-프로필피리디늄 및 이들의 조합들은 물론, 적절한 것으로 간주되는 바와 같은 다른 등가물들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 추가의 예시적인 양이온들(9)은 이미다졸륨, 피라지늄, 피페리디늄, 피리디늄, 피리미디늄 및 피롤리디늄(이들의 구조들은 도 8에 도시됨)을 포함한다. 예시적인 울트라커패시터(10)에서, 음이온들(11)은 비스(트리플루오로메탄설포네이트)이미드, 트리스(트리플루오로메탄설포네이트)메타이드, 디시안아미드, 테트라플루오로보레이트, 헥사플루오로포스페이트, 트리플루오로메탄설포네이트, 비스(펜타플루오로에탄설포네이트)이미드, 티오시아네이트, 트리플루오로(트리플루오로메틸)보레이트 및 이들의 조합들은 물론, 적절한 것으로 간주되는 바와 같은 다른 등가물들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0062] 용매는 아세토니트릴, 아미드, 벤조니트릴, 부티로락톤, 시클릭 에테르, 디부틸 카보네이트, 디에틸 카보네이트, 디에틸에테르, 디메톡시에탄, 디메틸 카보네이트, 디메틸포름아미드, 디메틸설펜, 디옥산, 디옥솔란, 에틸 포르메이트, 에틸렌 카보네이트, 에틸메틸 카보네이트, 락톤, 선형 에테르, 메틸 포르메이트, 메틸 프로피오네이트, 메틸테트라히드로푸란, 니트릴, 니트로벤젠, 니트로메탄, n-메틸피롤리돈, 프로필렌 카보네이트, 설펜, 테트라히드로푸란, 테트라메틸렌 설펜, 티오펜, 에틸렌 글리콜, 디에틸렌 글리콜, 트리에틸렌 글리콜, 폴리에틸렌 글리콜, 탄산 에스테르, 감마-부티로락톤, 니트릴, 트리시아노hex산, 이들의 임의의 조합들 또는 적절한 성능 특성들을 보이는 다른 재료(들)를 포함할 수 있다.
- [0063] 이제, 도 8을 참조하면, 전해질(6)을 제공하기 위해 이온성 액체에서 사용하기에 적합한 양이온들(9)의 다양한 추가적인 실시예들이 도시된다. 이러한 양이온들(9)은 단독으로 또는 서로 조합하여, 양이온들(9)의 전술한 실시예들 중 적어도 일부와 함께 사용될 수 있으며, 사용자, 설계자, 제조자 또는 다른 유사하게 관련된 당사자에 의해 적합하고 적절한 것으로 간주되는 다른 양이온들(9)과 함께 사용될 수도 있다. 도 8에 도시된 양이온들(9)은 암모늄, 이미다졸륨, 옥사졸륨, 포스포늄, 피페리디늄, 피라지늄, 피라지늄, 피리다지늄, 피리디늄, 피리

미디늄, 피롤리디늄, 설펜, 티아졸륨, 트리아졸륨, 구아니디늄, 이소퀴놀리늄, 벤조트리아졸륨, 비올로겐-중 및 관능화된 이미다졸륨 양이온들을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0064] 도 8에 도시된 양이온들(9)과 관련하여, 다양한 분지기들 ( $R_1, R_2, R_3, \dots, R_x$ )가 포함된다. 양이온들(9)의 경우, 각각의 분지기( $R_x$ )는 알킬, 헤테로알킬, 알케닐, 헤테로알케닐, 알키닐, 헤테로알키닐, 할로, 아미노, 니트로, 시아노, 히드록실, 설펜, 설펜이온 또는 카르보닐 기 중 하나일 수 있으며, 이들 중 임의 것은 옵션으로서 치환된다.

[0065] 용어 "알킬"은 이 분야에서 인지되며, 직쇄 알킬 기들, 분지쇄 알킬 기들, 시클로알킬(지환족) 기들, 알킬 치환된 시클로알킬 기들 및 시클로알킬 치환된 알킬 기들을 포함하는 포화 지방족 기들을 포함할 수 있다. 소정 실시예들에서, 직쇄 또는 분지쇄 알킬은 그의 골격에서 약 20개 이하의 탄소 원자(예를 들어, 직쇄의 경우  $C_1-C_{20}$ , 분지쇄의 경우  $C_1-C_{20}$ )를 갖는다. 또한, 시클로알킬들은 이들의 고리 구조에서 약 3개 내지 약 10개의 탄소 원자를 가지며, 대안으로서 고리 구조에서 약 5, 6 또는 7개의 탄소를 갖는다. 알킬기들의 예는 메틸, 에틸, 프로필, 부틸, 펜틸, 헥실, 에틸 헥실, 시클로프로필, 시클로부틸, 시클로펜틸, 시클로헥실 등을 포함하지만 이에 한정되지 않는다.

[0066] 용어 "헤테로알킬"은 이 분야에서 인지되며, 하나 이상의 원자가 헤테로원자(예로서, 산소, 질소, 황 등)인, 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 알킬기들을 지칭한다. 예를 들어, 알콕시기(예를 들어,  $-OR$ )은 헤테로알킬기이다.

[0067] 용어 "알케닐" 및 "알키닐"은 이 분야에서 인지되며, 길이 및 치환기 측면에서 전술한 알킬들과 유사하나, 적어도 하나의 이중 또는 삼중 결합을 각각 포함하는 불포화 지방족 기들을 지칭한다.

[0068] "헤테로알케닐" 및 "헤테로알키닐"은 이 분야에서 인지되며, 하나 이상의 원자가 헤테로원자(예로서, 산소, 질소, 황 등)인, 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 알케닐 및 알키닐 알킬 기들을 지칭한다.

[0069] 일반적으로, 음전하를 갖는 임의의 이온이 음이온(11)으로 사용될 수 있다. 선택된 음이온(11)은 일반적으로 큰 유기 양이온(9)과 짝을 이루어, 저온 용융 이온 염을 형성한다. 실온(및 더 낮은 온도) 용융 염들은 주로  $-1$ 의 전하를 갖는 큰 음이온들(9)로부터 형성된다. 훨씬 더 낮은 온도에서 녹는 염들은 일반적으로 쉽게 분리되는 전자들을 갖는 음이온들(11)을 이용하여 실현된다. 이온들 사이의 친화력을 줄이는 것들(거리, 전하의 분리)은 융점을 실질적으로 낮출 것이다. 가능한 음이온 형성은 사실상 무한하지만, 이들의 서브세트만이 저온 이온성 액체 응용에서 유효할 것이다. 이것은 이온성 액체들에 대한 가능한 음이온 형성의 비한정적인 개요이다.

[0070] 표 3에서 제공되는 음이온들(11)의 사용에 적합한 일반적인 치환 기들( $\alpha$ )은  $-F^-$ ,  $-Cl^-$ ,  $-Br^-$ ,  $-I^-$ ,  $-OCH_3^-$ ,  $-CN^-$ ,  $-SCN^-$ ,  $-C_2H_3O_2^-$ ,  $-ClO^-$ ,  $-ClO_2^-$ ,  $-ClO_3^-$ ,  $-ClO_4^-$ ,  $-NCO^-$ ,  $-NCS^-$ ,  $-NCSe^-$ ,  $-NCN^-$ ,  $-OCH(CH_3)_2^-$ ,  $-CH_2OCH_3^-$ ,  $-COOH^-$ ,  $-OH^-$ ,  $-SOCH_3^-$ ,  $-SO_2CH_3^-$ ,  $-SOCH_3^-$ ,  $-SO_2CF_3^-$ ,  $-SO_3H^-$ ,  $-SO_3CF_3^-$ ,  $-O(CF_3)_2C_2(CF_3)_2O^-$ ,  $-CF_3^-$ ,  $-CHF_2^-$ ,  $-CH_2F^-$ ,  $-CH_3^-$ ,  $-NO_3^-$ ,  $-NO_2^-$ ,  $-SO_3^-$ ,  $-SO_4^{2-}$ ,  $-SF_5^-$ ,  $-CB_{11}H_{12}^-$ ,  $-CB_{11}H_6C_{16}^-$ ,  $-CH_3CB_{11}H_{11}^-$ ,  $-C_2H_5CB_{11}H_{11}^-$ ,  $-A-PO_4^-$ ,  $-A-SO_2^-$ ,  $A-SO_3^-$ ,  $-A-SO_3H^-$ ,  $-A-COO^-$ ,  $-A-CO^-$ 를 포함한다(여기서, A는 페닐(페닐기 또는 페닐 고리는 식  $C_6H_5$ 을 갖는 원자들의 고리형 기입) 또는 치환된 페닐, 알킬, (알칸으로부터 수소 원자를 제거함으로써 형성된 일반식  $C_nH_{2n+1}$ 을 갖는 라디칼) 또는 치환된 알킬기, 음으로 하전된 라디칼 알칸(알칸은 수소 및 탄소 원자들만 구성되고 단일 결합들에 의해서만 결합되는 화합물임), 할로겐화된 알칸 및 에테르(2개의 알킬 또는 아릴 기에 연결된 산소 원자를 포함하는 유기 화합물들의 부류)이다).

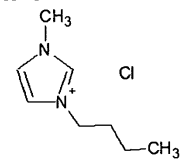
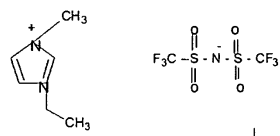
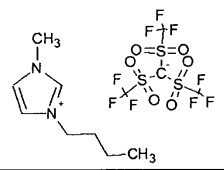
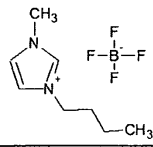
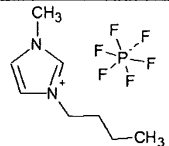
[0071] 전해질(6)을 제공하는 이온성 액체에 사용하기에 적합한 음이온들(11)과 관련하여, 다양한 유기 음이온들(11)이 사용될 수 있다. 예시적인 음이온들(11) 및 이들의 구조들이 표 3에 제공된다. 제1 실시예(1번)에서, 예시적인 음이온들(11)은 위에서 제공된 치환 기들( $\alpha$ )의 리스트 또는 이들의 등가물로부터 형성된다. 추가 실시예들(2-5번)에서, 예시적인 음이온들(11)은 각각의 기본 구조( $Y_2, Y_3, Y_4, \dots, Y_n$ ) 및 각각의 수의 음이온 치환 기( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$ )으로부터 형성되며, 각각의 수의 음이온 치환 기( $\alpha$ )은 전술한 치환( $\alpha$ ) 기들의 리스트 또는 이들의 등가물로부터 선택될 수 있다. 일부 실시예들에서는 복수의 음이온 치환 기( $\alpha$ )(즉, 적어도 하나의 상

이한 음이온 치환 기( $\alpha$ )이 음이온(11)의 어느 하나의 실시예에서 사용될 수 있다는 점에 유의한다. 또한, 일부 실시예들에서는 기본 구조(Y)가 (표 3에 설명된 바와 같은) 단일 원자 또는 지정된 분자이거나, 다가물일 수 있다.

[0072]

더 구체적으로, 예를 들어, 표 3에 제공된 예시적인 음이온들과 관련하여, 소정의 조합들이 실현될 수 있다. 일례로서, 2번의 경우, 기본 구조( $Y_2$ )는 2개의 음이온 치환 기( $\alpha_2$ )에 결합되는 단일 구조(예를 들어, 원자 또는 분자)를 포함한다. 2개의 동일한 음이온 치환 기( $\alpha_2$ )을 갖는 것으로 도시되지만, 이것이 필수적인 것은 아니다. 즉, 기본 구조( $Y_2$ )는 전술한 임의의 음이온 치환 기( $\alpha$ )와 같은 다양한 음이온 치환 기들( $\alpha_2$ )에 결합될 수 있다. 유사하게, 기본 구조( $Y_3$ )는 3번에 도시된 바와 같이 3개의 음이온 치환 기( $\alpha_3$ )에 결합되는 단일 구조(예로서, 원자)를 포함한다. 다시, 음이온에 포함된 음이온 치환 기들( $\alpha$ ) 각각은 변경되거나 다양할 수 있으며, 표 3에 도시된 바와 같이 반복될 필요가 없다(반복 또는 대칭적인 필요가 없다). 일반적으로, 표 3의 표기와 관련하여, 기본 구조들 중 하나에서의 아래 첨자는 각각의 기본 구조가 음이온 치환 기들( $\alpha$ )에 대해 가질 수 있는 결합들의 수를 나타낸다. 즉, 각각의 기본 구조( $Y_n$ )에서의 아래 첨자는 각각의 음이온에서의 동반하는 음이온 치환 기들( $\alpha_n$ )의 수를 나타낸다.

표 3

음이온성 액체를 위한 예시적인 유기 음이온들		
번호	이온	음이온 구조 및 예시적인 이온 액체들의 가이드라인
1	$-\alpha_1$	<p>상기 <math>\alpha</math> 중 일부는 유기 양이온들과 혼합되어 이온성 액체를 형성할 수 있다.                      예시적인 음이온: <math>\text{Cl}^-</math> 예시적인 이온성 액체: <math>[\text{BMI}^*][\text{Cl}]</math>                      *BMI- 부틸 메틸 이미다졸륨</p> 
2	$-\text{Y}_2\alpha_2$	<p><math>Y_2</math>는 N, O, C=O, S=O 중 어느 하나일 수 있다.                      예시적인 음이온들은 <math>\text{B}(\text{CF}_3\text{CO}_2)_4^-</math>, <math>\text{N}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2^-</math>를 포함한다.                      예시적인 이온성 액체: <math>[\text{EMI}^*][\text{NTF}_2]</math>                      *EMI - 에틸 메틸 이미다졸륨</p> 
3	$-\text{Y}_3\alpha_3$	<p><math>Y_3</math>은 Be, C, N, O, Mg, Ca, Ba, Ra, Au 중 어느 하나일 수 있다.                      예시적인 음이온들은 <math>-\text{C}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3^-</math>를 포함한다.                      예시적인 이온성 액체: <math>[\text{BMI}][\text{C}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_3^-]</math></p> 
4	$-\text{Y}_4\alpha_4$	<p><math>Y_4</math>은 B, Al, Ga, Th, In, P 중 어느 하나일 수 있다.                      예시적인 음이온들은 <math>-\text{BF}_4^-</math>, <math>-\text{AlCl}_4^-</math>를 포함한다.                      예시적인 이온성 액체: <math>[\text{BMI}][\text{BF}_4]</math></p> 
5	$-\text{Y}_6\alpha_6$	<p><math>Y_6</math>은 P, S, Sb, As, N, Bi, Nb, Sb 중 어느 하나일 수 있다.                      예시적인 음이온들은 <math>-\text{P}(\text{CF}_3)_4\text{F}_2^-</math>, <math>-\text{AsF}_6^-</math>를 포함한다.                      예시적인 이온성 액체: <math>[\text{BMI}][\text{PF}_6]</math></p> 

[0073]

[0074]

"시아노"라는 용어는 이 기술분야의 통상의 의미로 주어지고, CN기를 가리킨다. "설페이트"이라는 용어는 이 기술분야의 통상의 의미로 주어지고,  $\text{SO}_2$ 기를 가리킨다. "설페네이트"이라는 용어는 이 기술분야의 통상의 의미로 주어지고,  $\text{SO}_3\text{X}$ 기를 가리키며, 여기서 X는 전자쌍, 수소, 알킬 또는 시클로알킬일 수 있다. "카르보닐"이라

는 용어는 이 기술분야에서 인식되며, C=0기를 가리킨다.

- [0075] 울트라커패시터(10)의 구성에서 고려할 중요한 양태가 청결한 화학적 위생을 유지하는 것이다. 컴포넌트들의 순도를 보장하기 위하여, 다양한 실시예에서, 2개의 전극(3)에 대한 에너지 저장 매체(1)를 구성하는 활성화된 탄소, 탄소 섬유, 레이온, 탄소 클로스(carbon cloth), 및/또는 나노튜브들은 진공 환경에서 상승된 온도에서 건조된다. 분리막(5)도 진공 환경에서 상승된 온도에서 건조된다. 일단 전극들(3)과 분리막(5)이 진공에서 건조되면, 그것들은 50 ppm(parts per million)보다 작은 물을 갖는 대기에서 최종 셀 또는 캡 없이 하우징(7) 내에 패키징된다. 언캡(uncapped) 울트라커패시터(10)는 예를 들어, 약 100°C 내지 약 300°C의 온도 범위에 걸쳐서 진공에서 건조될 수 있다. 일단 이러한 최종 건조가 완료되면, 전해질(6)이 추가될 수 있고, 하우징(7)은 비교적 건조한 대기(예를 들어, 약 50 ppm보다 적은 수분을 갖는 대기)에서 밀봉된다. 물론, 다른 조립 방법들이 이용될 수 있고, 진술한 내용은 단순히 울트라커패시터(10)의 몇몇 예시적인 조립 양태들을 제공한다.
- [0076] 일반적으로, 전해질(6) 내의 불순물들은 최소로 유지된다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 할라이드 이온들(클로라이드, 브로마이드, 플루오라이드, 요오다이드)의 총 농도가 약 1,000 ppm 아래로 유지된다. 금속류(예를 들어, 그의 합금 및 산화물 중 적어도 하나를 포함하는, Br, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mo, Na, Ni, Pb, Zn)의 총 농도가 약 1,000 ppm 아래로 유지된다. 또한, 합성 공정에서 이용된 용매들 및 전구체들로부터의 불순물들은 약 1,000 ppm 아래로 유지되고, 예를 들어, 브로모에탄, 클로로에탄, 1-브로모부탄, 1-클로로부탄, 1-메틸이피다졸, 에틸 아세테이트, 메틸렌 클로라이드 등을 포함할 수 있다.
- [0077] 일부 실시예에서, 울트라커패시터(10)의 불순물 함유량은 이온 선택적 전극들 및 칼 피셔 적정 절차(Karl Fischer titration procedure)를 이용하여 측정하였고, 이것은 울트라커패시터(10)의 전해질(6)에 적용되었다. 본원에서의 교시들에 따른 울트라커패시터(10) 내의 총 할라이드 함유량은 약 200 ppm보다 작은 할라이드(Cl<sup>-</sup> 및 F<sup>-</sup>)인 것으로 발견되었고, 수분 함유량은 약 100 ppm보다 작다.
- [0078] 전해질을 정제하기 위한 기술의 일 예가 참고문헌 「명칭 "The oxidation of alcohols in substituted imidazolium ionic liquids using ruthenium catalysts", Farmer and Welton, The Royal Society of Chemistry, 2002, 4, 97-102」에 제공된다. 예시적인 공정도 여기에 제공된다.
- [0079] 예를 들어, AAS(Atomic Absorption Spectrometry), ICPMS(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry), 또는 극소량 중금속 산화물 미립자들(trace heavy metal oxide particulates)의 간단한 가용화(solubilizing) 및 전기화학 감지와 같은 다양한 기술들을 이용하여 불순물들이 측정될 수 있다. AAS는 기체 상태에서 자유 원자들에 의한 광학 방사(광)의 흡수를 활용한 화학 원소들의 정성적 및 정량적 결정(qualitative and quantitative determination)을 위한 스펙트럼 분석 절차이다. 그 기술은 분석할 샘플 내의 특정 원소(분석 재료)의 농도를 결정하기 위해 이용된다. AAS는 용액 내 또는 직접 고체 샘플들 내의 70개의 상이한 엘리먼트들에 걸쳐서 결정하는 데 이용될 수 있다. ICPMS는 매우 민감하고 1조분의 1(part per trillion) 미만의 농도에서 다양한 금속들 및 몇몇 비-금속들의 결정이 가능한 일종의 질량 분석법이다. 이 기술은 이온들을 생성하는(이온화) 방법으로서 유도 결합 플라즈마(inductively coupled plasma)를, 이온들을 분리하여 검출하는 방법으로서 질량 분석법과 함께 결합하는 것에 기초한다. ICPMS는 또한 선택한 이온들에 대한 동위 원소 종 형성(isotopic speciation)을 모니터링할 수 있다.
- [0080] 불순물 분석을 위해 부가적인 기술들이 이용될 수 있다. 이들 기술들 중 일부는 고체 샘플들 내의 불순물 분석에 특히 유익하다. 이온 크로마토그래피(Ion Chromatography; IC)가 전해질(6)(예를 들어, 이온성 액체) 내의 극소량의 할라이드 불순물들을 결정하기 위해 이용될 수 있다. 이온 크로마토그래피의 하나의 이점은, 관련 할라이드 종들이 단일 크로마토그래피 분석으로 측정될 수 있다는 것이다. 20 mM NaOH 및 10% (v/v) 아세트오닐릴을 구성하는 용리액을 이용하는 Dionex AS9-HC 컬럼이 이온성 액체들로부터의 할라이드의 정량화를 위해 이용될 수 있는 장치의 일 예이다. 추가 기술은 X 레이 형광(X-ray fluorescence)이다.
- [0081] X 레이 형광(XRF) 기구들은 고체 샘플들 내의 할라이드 함유량을 측정하는 데 이용될 수 있다. 이 기술에서, 분석될 샘플은 샘플 컵에 배치되고, 샘플 컵은 그 다음에 분석기에 배치되고, 여기서 그것은 특정 파장의 X 레이로 조사된다. 샘플 내의 임의의 할로젠 원자들은 X 레이의 일부를 흡수하고 나서 주어진 할로젠에 대해 특징적인 파장으로 방사를 반사한다. 기구 내의 검출기가 그 다음에 할로젠 원자들에서 나오는 방사의 양을 정량화하고 방사의 세기를 측정한다. 노출되는 표면적을 아는 것에 의해, 샘플 내의 할로젠들의 농도가 결정될 수 있다. 고체 샘플 내의 불순물을 산정하기 위한 추가 기술이 열분해(pyrolysis)이다.
- [0082] 불순물들의 흡착은 열분해 및 마이크로 크로미터(microcoulometer)의 이용을 통해 효과적으로 측정될 수 있다.

마이크로 크로미터들은 총 염소 함유량에 대한 거의 임의의 타입의 재료를 테스트할 수 있다. 예로서, (10 밀리그램보다 작은) 소량의 샘플이 약 600°C 내지 약 1,000°C의 온도 범위의 석영 연소관(quartz combustion tube) 내로 주입 또는 배치된다. 순수 산소가 석영관을 통과하고 임의의 염소 함유 컴포넌트들이 완전히 연소된다. 그 결과로 생긴 연소 생성물들은 적정 셀(titration cell) 내로 들어오고, 여기서 클로라이드 이온들은 전해질 용액에 트랩(trap)된다. 전해질 용액은 임의의 클로라이드 이온들과 즉시 결합하여 불용성 염화온으로서 용액에서 나오는 은 이온들을 포함한다. 적정 셀 내의 은 전극은 은 이온들의 농도가 적정이 시작되기 전으로 돌아갈 때까지 다 써버린 은 이온들을 전기적으로 대체한다. 요구된 양의 은을 발생하는 데 필요한 전류의 양을 계속 파악함으로써, 기구는 원래 샘플에 얼마나 많은 염소가 존재했었는지를 판정할 수 있다. 존재하는 염소의 총량을 샘플의 무게로 나누면, 샘플에 실제로 있는 염소의 농도를 제공한다. 불순물을 산정하는 다른 기술들이 이용될 수 있다.

- [0083] 전극(3) 내의 표면 특성화 및 수분 함유량은 예를 들어, 적외선 분광법 기술들에 의해 검사될 수 있다. 대략 1130, 1560, 3250 및 2300  $\text{cm}^{-1}$ 에서 4개의 주요 흡수 대역들은 각각  $\nu\text{C}=\text{O}$ ,  $\nu\text{C}=\text{C}$  (아틸 중),  $\nu\text{O}-\text{H}$  및  $\nu\text{C}-\text{N}$ 에 대응한다. 세기 및 피크 위치를 측정함으로써, 전극(3) 내의 표면 불순물들을 정량적으로 식별하는 것이 가능하다.
- [0084] 전해질(6) 및 울트라커패시터(10) 내의 불순물들을 식별하기 위한 다른 기술이 라만 분광법(Raman spectroscopy)이다. 이 분광법 기술은 보통 가시광선, 근적외선, 또는 근자외선 범위의 레이저로부터 단색광의 비탄성 산란(inelastic scattering), 또는 라만 산란에 의존한다. 레이저 광은 시스템 내의 분자 진동, 포논(phonons) 또는 다른 여기들과 상호작용함으로써, 레이저 광자의 에너지가 위 또는 아래로 시프트되는 결과가 생긴다. 따라서, 이 기술은 울트라커패시터(10) 내의 원자들 및 분자들을 특징화하는 데 이용될 수 있다. 라만 분광법에 대한 다수의 변형이 이용되고, 울트라커패시터(10)의 함유량들(contents)을 특징화하는 데 유용함을 보여줄 수 있다.
- [0085] 일단 울트라커패시터(10)가 제조되면, 그것은 누설 전류가 거의 없거나 전혀 없고 저항의 증가가 거의 없는 고온 애플리케이션들에서 이용될 수 있다. 본원에서 설명된 울트라커패시터(10)는 전체 동작 전압 및 온도 범위 내에서 디바이스의 체적의 1 A/L(amp per liter)보다 작은 디바이스의 체적에 걸쳐서 정규화된 누설 전류로 약 -40°C 내지 약 210°C의 온도에서 효율적으로 동작할 수 있다.
- [0086] 울트라커패시터(10) 내의 수분 함유량을 (예를 들어, 1,000 ppm보다 작은 불순물들 및 전해질의 무게 및 체적에 대해서 500 ppm(part per million)보다 작게) 줄임으로써, 울트라커패시터(10)는 온도 범위에 걸쳐서, 그 온도 범위 및 전압 범위 내에서 리터당 1,000 mAmp보다 작은 누설 전류(I/L)로 효율적으로 동작할 수 있다.
- [0087] 일 실시예에서, 특정 온도에서의 누설 전류(I/L)가 72시간 동안 정격 전압(즉, 최대 정격 동작 전압)에서 울트라커패시터(10)의 전압을 일정하게 유지함으로써 측정된다. 이 기간 동안, 온도는 특정 온도에서 비교적 일정하게 유지된다. 측정 간격의 끝에서, 울트라커패시터(10)의 누설 전류가 측정된다.
- [0088] 일부 실시예에서, 울트라커패시터(10)의 최대 정격 전압은 실온에서 약 4V이다. 상승된 온도(예를 들어, 210°C 위)에서 울트라커패시터(10)의 성능을 보장하기 위한 접근법은 울트라커패시터(10)의 정격 전압을 내리는(즉, 감소하는) 것이다. 예를 들어, 정격 전압은 약 0.5V로 아래로 조정될 수 있으므로, 더 높은 온도에서 연장된 동작 지속기간을 실현할 수 있다.
- [0089] 높은 순도를 보장하기 위한 다른 실시예는 전해질(6)을 정제하기 위한 예시적인 공정을 포함한다. 공정은 특정 파라미터들(예를 들어, 양, 공식화(formulations), 횡수 등)에 대하여 제공되지만, 그것은 단지 전해질을 정제하기 위한 공정을 예시하는 것일 뿐이고, 그것으로 제한되지 않는다는 것에 주목해야 한다.
- [0090] 전해질을 정제하기 위한 공정의 제1 단계에서, 전해질(6)(일부 실시예들에서, 이온성 액체)은 탈이온수(deionized water)와 혼합되고 나서, 일부 기간 동안 중간 온도로 올라간다. 개념의 증명에서, 50 밀리리터(ml)의 이온성 액체가 850 밀리리터(ml)의 탈이온수와 혼합되었다. 혼합물은 약 12 시간 동안 60°C의 일정한 온도로 올라갔고 (약 120 rpm(revolutions per minute)으로) 일정하게 뒤섞인다.
- [0091] 제2 단계에서, 이온성 액체와 탈이온수의 혼합물은 분리되도록 허용된다. 이 예에서, 혼합물은 깔때기를 통해 이동하였고 약 4시간 동안 그대로 있도록 허용되었다.
- [0092] 제3 단계에서, 이온성 액체가 수집된다. 이 예에서, 혼합물의 수상(water phase)이 바닥부에 있고, 이온성 액체상(ionic liquid phase)이 상부에 있었다. 이온성 액체상은 다른 비커 내로 이동되었다.

- [0093] 제4 단계에서, 용매가 이온성 액체와 혼합되었다. 이 예에서, 약 25 밀리리터(ml)의 체적의 에틸 아세테이트가 이온성 액체와 혼합되었다. 이 혼합물은 다시 일부 시간 동안 중간 온도로 올라가서 뒤섞였다.
- [0094] 에틸 아세테이트가 용매로 이용되었지만, 용매는 디에틸에테르, 펜톤, 시클로펜톤, 헥산, 시클로헥산, 벤젠, 톨루엔, 1,4-디옥산, 클로로포름, 또는 그의 임의의 조합뿐만 아니라 적절한 성능 특성을 나타내는 다른 재료(들) 중 적어도 하나일 수 있다. 원하는 성능 특성 중 일부는 비극성 용매 및 높은 휘발도의 것들을 포함한다.
- [0095] 제5 단계에서, 이온성 액체와 용매의 혼합물에 탄소 분말(carbon powder)이 추가된다. 이 예에서, 약 20 중량 퍼센트(wt%)의 탄소(약 0.45 마이크로미터 직경)가 혼합물에 추가되었다.
- [0096] 제6 단계에서, 이온성 액체가 다시 혼합된다. 이 예에서, 탄소 분말과의 혼합물이 그 다음에 약 70°C에서 하룻밤 동안 일정하게 뒤섞였다(120rpm).
- [0097] 제7 단계에서, 탄소와 에틸 아세테이트가 이온성 액체로부터 분리된다. 이 예에서, 탄소는 글래스 마이크로파이버 필터(glass microfiber filter)에 의한 부호너 여과법(Buchner filtration)을 이용하여 분리되었다. 다중 여과법(3개)이 수행되었다. 수집된 이온성 액체는 그 다음에 탄소 입자들의 실질적으로 전부를 제거하기 위하여 0.2 마이크로미터 시린지 필터(syringe filter)를 통과하였다. 이 예에서, 용매는 그 다음에 회전 증발(rotary evaporation)을 이용하여 이온성 액체에서 후속하여 분리되었다. 구체적으로, 이온성 액체의 샘플은 70°C에서 80°C로 온도를 증가하면서 뒤섞이고, 100°C에서 끝난다. 증발은 각각의 온도에서 약 15분 동안 수행되었다.
- [0098] 전해질을 정제하기 위한 공정은 매우 효과적인 것으로 판명되었다. 샘플 이온성 액체에 대하여, 수분 함유량은 오하이오주 콜럼버스의 Mettler-Toledo Inc.에 의해 제공되는 적정 기구(모델 번호: AQC22)로, 적정에 의해 측정되었다. 할라이드 함유량은 로드아일랜드주 운소켓의 Hanna Instruments에 의해 제공되는 ISE 기구(모델 번호 AQC22)로 측정되었다. ISE 기구에 대한 표준 용액(standards solution)은 Hanna에서 획득하였고, HI 4007-03(1,000 ppm 클로라이드 표준), HI 4010-03(1,000 ppm 플루오라이드 표준), HI 4000-00(할라이드 전극들을 위한 ISA), 및 HI 4010-00(플루오라이드 전극만을 위한 TISAB 용액)을 포함하였다. 측정을 수행하기 전에, ISE 기구는 탈이온수와 혼합된, 0.1, 10, 100 및 1,000 ppm(parts per million)의 표준들을 이용하여 표준 용액들로 캘리브레이션되었다. ISA 버퍼가 Cl<sup>-</sup> 이온들의 측정을 위해 1:50 비율로 표준에 추가되었다. 결과들이 표 4에 나타나 있다.

**표 4**

전해질을 위한 정제 데이터

불순물	이전 (ppm)	이후 (ppm)
Cl <sup>-</sup>	5,300.90	769
F <sup>-</sup>	75.61	10.61
H <sub>2</sub> O	1080	20

- [0099]
- [0100] 제4 단계 공정은 할라이드 이온들을 측정하는 데 이용되었다. 먼저, Cl<sup>-</sup> 및 F<sup>-</sup> 이온들이 탈이온수에서 측정되었다. 다음으로, 이온성 액체의 0.01 M 용액이 탈이온수와 준비되었다. 후속하여, Cl<sup>-</sup> 및 F<sup>-</sup> 이온들은 용액에서 측정되었다. 할라이드 함유량의 추정치는 그 다음에 용액 내의 이온들의 양에서 물 내의 이온들의 양을 빼는 것에 의해 결정되었다.
- [0101] 개요로서, 원통 형상의 울트라캐패시터(10)의 조립 방법이 제공된다. 전극들(3)로 시작하여, 일단 에너지 저장 매체(1)가 전류 컬렉터(2)와 연관되었다면 각각의 전극(3)이 제조된다. 복수의 리드가 그 다음에 적절한 위치에서 각각의 전극(3)에 결합된다. 복수의 전극(3)이 그 다음에 그 사이의 적절한 수의 분리막(5)으로 배향 및 조립되어 저장 셀(storage cell)(12)을 형성한다. 저장 셀(12)은 그 다음에 실린더에 합쳐질 수 있고, 랩퍼로 고정될 수 있다. 일반적으로, 각각의 리드들이 그 다음에 다발화(bundle)되어 각각의 단자들(8)을 형성한다.
- [0102] 울트라캐패시터(10) 내로의 전해질(6)의 통합 이전에(예를 들어, 저장 셀(12)의 조립 이전, 또는 그 후에), 울트라캐패시터(10)의 각각의 컴포넌트가 수분을 제거하기 위해 건조될 수 있다. 이것은 조립되지 않은 컴포넌트들(즉, 빈 하우징(7)뿐만 아니라, 전극들(3) 각각과 분리막들(5) 각각)과 수행될 수 있고, 후속하여 조립된 컴포넌트들(예를 들어, 저장 셀(12))과 수행될 수 있다.

- [0103] 예를 들어, 진공 환경의 상승된 온도에서 건조가 수행될 수 있다. 일단 건조가 수행되었다면, 저장 셀(12)은 최종 셀 또는 캡 없이 하우징(7)에 패키징될 수 있다. 일부 실시예에서, 패키징은 50 ppm(parts per million)보다 작은 물을 갖는 대기 중에서 수행된다. 언캡 울트라커패시터(10)가 그 다음에 다시 건조될 수 있다. 예를 들어, 울트라커패시터(10)는 약 100°C 내지 약 300°C의 온도 범위에서 진공에서 건조될 수 있다. 이러한 최종 건조가 완료되면, 하우징(7)은 예를 들어, 50 ppm보다 적은 수분을 갖는 대기 중에서 밀봉될 수 있다.
- [0104] 일부 실시예에서, 건조 공정("소부" 공정이라고도 할 수 있음)이 완료되었다면, 컴포넌트들을 둘러싸는 환경은 불활성 기체로 채워질 수 있다. 예시적인 기체들은 아르곤, 니토젠(nitogen), 헬륨, 및 유사한 속성을 나타내는 다른 기체들(뿐만 아니라 그의 조합들)을 포함한다.
- [0105] 일반적으로, 충전 포트(fill port)(하우징(7)의 표면에 있는 천공)가 하우징(7)에 포함되거나 나중에 추가될 수 있다. 울트라커패시터(10)가 전해질(6)로 채워졌다면, 충전 포트는 닫힐 수 있다. 충전 포트를 닫는 것은 예를 들어, 충전 포트 내로 또는 그 위로 재료(예를 들어, 하우징(7)과 호환가능한 금속)을 용접함으로써 완료될 수 있다. 일부 실시예에서, 충전 포트는 충전 이전에 임시로 닫힐 수 있어서, 울트라커패시터(10)는 후속하는 재-열림, 충전 및 닫힘을 위해 다른 환경으로 이동될 수 있다. 그러나, 본원에 논의된 바와 같이, 울트라커패시터(10)는 동일한 환경에서 건조 및 충전되는 것이 고려된다.
- [0106] 다수의 방법을 이용하여 하우징(7)을 원하는 양의 전해질(6)로 충전할 수 있다. 일반적으로, 충전 프로세스의 제어는 특히, 커패시턴스의 증가, 등가 직렬 저항(ESR; equivalent-series-resistance)의 감소, 및 전해질(6)의 낭비 제한을 제공할 수 있다. 하우징(7)을 충전하고 저장 셀(12)을 전해질(6)로 적시는 기술의 비제한적인 예로서 진공 충전 방법이 제공된다.
- [0107] 그러나, 먼저, 울트라커패시터(10)의 컴포넌트들을 오염시킬 가능성이 있는 임의의 재료가 세정되고 화합할 수 있고(compatible) 건조되도록 보장하기 위한 조치들이 취해질 수 있다는 것에 주목한다. 통상적으로, "청결한 위생"은 조립 공정들 및 컴포넌트들이 울트라커패시터(10) 내에 오염물을 삽입하지 않도록 보장하기 위해 행해진다는 것이 고려될 수 있다. 또한, 통상적으로, "오염물"은 삽입된 경우 울트라커패시터(10)의 성능에 악영향을 미칠 임의의 원치않는 재료로서 정의될 수 있다는 것이 고려될 수 있다. 또한, 본원에서 일반적으로, 오염물은 ppm(parts-per-million)과 같은 농도로 산정될 수 있다는 것에 주목한다. 농도는 중량, 체적, 샘플 중량, 또는 적절하게 결정된 바와 같은 임의의 다른 방식으로 취해질 수 있다.
- [0108] "진공 방법"에서, 컨테이너가 충전 포트 둘레의 하우징(7)에 배치된다. 전해질(6)의 양이 그 다음에 산소 및 물(즉, 수분)이 실질적으로 없는 환경에서 컨테이너에 놓인다. 그 다음에 진공 환경이 되고, 그에 따라 하우징의 밖으로 임의의 공기를 빼고, 그로써 동시에 전해질(6)을 하우징(7) 내로 끌어당긴다. 그 다음에 주위 환경은 원하는 경우 불활성 기체(예를 들어, 아르곤, 니트로젠 등 또는 불활성 기체들의 일부 조합)로 재충진될 수 있다. 원하는 양의 전해질(6)이 끌어당겨졌는지를 알아보기 위해 울트라커패시터(10)를 검사할 수 있다. 공정은 필요에 따라 원하는 양의 전해질(6)이 울트라커패시터(10)에 있을 때까지 반복될 수 있다.
- [0109] 전해질(6)로 충전한 후에, 일부 실시예에서, 재료는 울트라커패시터(10)를 밀봉하기 위해 충전 포트에 맞춰질 수 있다. 재료는 예를 들어, 하우징(7) 및 전해질(6)과 호환가능한 금속일 수 있다. 일 예에서, 재료는 충전 포트에 강제 맞춤(force fit)하여, 본질적으로 충전 포트에 플러그의 "냉간 용접(cold weld)"을 수행한다. 물론, 강제 맞춤은 본원에서 더 논의되는 바와 같이 다른 용접 기술들을 따를 수 있다.
- [0110] 충전 공정이 어떻게 울트라커패시터(10)에 영향을 미치는지를 보여주기 위하여, 울트라커패시터(10)의 2개의 유사한 실시예가 구성되었다. 하나는 진공 없이 충전되었고, 다른 것은 진공에서 충전되었다. 2개의 실시예의 전기적 성능은 표 5에 제공된다. 그러한 측정의 반복된 수행에 의해, 진공 상태에서 울트라커패시터(10)를 충전함으로써 성능 증가가 실현된다는 것을 알았다. 일반적으로, 하우징(7) 내의 압력이 약 150 mTorr 아래로 감소하고, 더욱 구체적으로는 약 40 mTorr 아래로 감소하는 것이 바람직하다는 것이 결정되었다.

표 5

충진 방법들에 대한 비교 성능

파라미터 (0.1 V 에서)	진공 없음	진공 있음	편차
ESR @ 45° Φ	3.569 Ohms	2.568 Ohms	(-28%)
커패시턴스 @ 12 mHz	155.87 mF	182.3 mF	(+14.49%)
위상 @ 12 mHz	79.19 도	83도	(+4.59%)

[0111]

[0112]

진공 충전 기술의 효과를 평가하기 위하여, 2개의 상이한 파우치 셀(pouch cells)이 테스트되었다. 파우치 셀들은 2개의 전극(3)을 포함하였고, 각 전극(3)은 탄소질 재료에 기초한다. 전극들(3) 각각은 반대편에 서로 마주보도록 배치되었다. 분리막(5)은 단락 회로를 방지하기 위하여 그것들 사이에 배치되었고 모든 것이 전해질(6)에 젖었다. 2개의 외부 탭을 이용하여 4개의 측정 포인트를 제공하였다. 이용된 분리막(5)은 폴리에틸렌 분리막(5)이었고, 셀은 약 0.468 ml의 총 체적을 가졌다.

[0113]

도 9는 울트라커패시터(10) 내의 정제되지 않은 전해질에 대한 누설 전류를 도시한다. 도 10은 유사하게 구성된 울트라커패시터(10) 내의 정제된 전해질에 대한 누설 전류를 도시한다. 알 수 있는 바와 같이, 초기 누설 전류의 상당한 감소가 존재할 뿐만 아니라, 다음 부분의 측정 간격에서 누설 전류의 감소가 존재한다. 표 6에 각 실시예의 구성에 대한 더 많은 정보가 제공된다.

표 6

테스트 울트라커패시터 구성

파라미터	도 9	도 10
셀 사이즈:	오픈 서브 C	오픈 서브 C
케이싱:	PTFE로 코팅됨	PTFE로 코팅됨
전극:	탄소질	탄소질
분리막:	유리섬유	유리섬유
리드:	0.005" 알루미늄(3 리드들)	0.005" 알루미늄(3 리드들)
온도:	섭씨 150도	섭씨 150도
전해질:	정제되지 않음	정제됨

[0114]

[0115]

누설 전류는 다수의 방법으로 결정될 수 있다. 질적으로, 누설 전류는 디바이스가 평형 상태에 도달하였다면 디바이스에 끌어당겨진 전류로서 고려될 수 있다. 사실상, 일반적으로 점근적으로만 접근될 수 있는 평형 상태로서 실제 누설 전류를 추정하는 것이 항상 또는 거의 항상 필요하다. 따라서, 울트라커패시터(10)가 실질적으로 고정된 전압에 홀드되어 비교적 장기간 동안 실질적으로 고정된 주위 온도에 노출되는 동안, 주어진 측정에서 누설 전류는 울트라커패시터(10) 내로 끌어당겨진 전류를 측정함으로써 근사화될 수 있다. 일부 경우에, 비교적 장기간은 지수 함수로서 전류 시간 함수를 근사화하고 나서 몇몇(예를 들어, 약 3 내지 5) 특징적인 시간 상수들을 통과하는 것을 허용함으로써 결정될 수 있다. 종종, 그러한 지속기간은 많은 울트라커패시터 기술에 대하여 약 50시간 내지 약 100시간의 범위를 갖는다. 대안적으로, 그러한 장기간이 임의의 이유로 비현실적인 경우, 누설 전류는 지수 또는 적절한 것으로 보이는 임의의 근사 함수로서 전류 시간 함수를 근사화함으로써, 다시, 아마도, 간단히 추론될 수 있다. 특히, 누설 전류는 일반적으로 주위 온도에 의존할 것이다. 그래서, 어떤 온도에서 또는 온도 범위에서 디바이스의 성능을 특징화하기 위하여, 누설 전류를 측정할 때 관심 있는 주위 온도에 디바이스를 노출하는 것이 일반적으로 중요하다.

[0116]

이제 도 11을 참조하면, 예시적인 하우징(7)의 양태들이 도시되어 있다. 특히, 하우징(7)은 울트라커패시터(10)에 대한 구조 및 물리적 보호를 제공한다. 이 예에서, 하우징(7)은 고리형 원통 모양의 보디(20) 및 상보 캡(complimentary cap)(24)을 포함한다. 본 실시예에서, 캡(24)은 제거되어 전기 절연체(26)로 채워진 중심 부분을 포함한다. 캡 피드 스루(cap feed-through)(19)가 전기 절연체(26)를 관통하여 사용자들에게 저장된 에너지에 대한 액세스를 제공한다.

[0117]

하우징(7)을 위한 공통 재료들은 스테인레스 스틸, 알루미늄, 탄탈륨, 티타늄, 니켈, 구리, 주석, 다양한 합금들, 라미네이트들 등을 포함한다. 일부 폴리머 기반의 재료들과 같은 구조적 재료들이 (일반적으로 적어도 일부 금속 컴포넌트들과 결합하여) 하우징(7)에 이용될 수 있다.

[0118]

이 예가 캡(24) 상의 하나의 피드 스루(19)만을 도시하지만, 하우징(7)의 구성은 본원에 논의된 실시예들에 의해 제한되지 않는다는 것을 인식해야 한다. 예를 들어, 캡(24)은 복수의 피드 스루(19)를 포함할 수 있다. 일

부 실시예에서, 보디(20)는 고리형 원통의 반대편 단에 제2의 유사한 캡(24)을 포함한다. 또한, 하우징(7)은 고리형 원통 모양의 보디(20)를 갖는 실시예들로 제한되지 않는다는 것을 인식해야 한다. 예를 들어, 하우징(7)은 뚜껑이 달린 디자인, 각기둥 모양의 디자인, 파우치, 또는 설계자, 제조자 또는 사용자의 요구들에 적절한 임의의 다른 디자인으로 될 수 있다.

[0119] 이 예에서, 캡(24)은 보디(20)의 내부 직경 내에 안락하게 꼭 맞게 설계되는 외부 직경을 갖도록 제조된다. 조립될 때, 캡(24)은 보디(20) 내로 용접될 수 있고, 이에 따라 사용자들에게 기밀 밀봉(hermetic seal)을 제공한다.

[0120] 이제 도 12를 참조하면, 예시적인 에너지 저장 셀(12)이 도시되어 있다. 이 예에서, 에너지 저장 셀(12)은 "젤리 롤(jelly roll)" 타입의 에너지 저장이다. 이들 실시예에서, 에너지 저장 재료들은 타이트한 패키지에 롤업(rolled up)된다. 복수의 리드는 일반적으로 각각의 단자(8)를 형성하고 에너지 저장 셀(12)의 적절한 층에 대한 전기적 액세스를 제공한다. 일반적으로, 조립될 때, 각각의 단자(8)는 하우징(7)에(예를 들어, 각각의 피드 스루(19)에 및/또는 직접적으로 하우징(7)에) 전기적으로 결합된다. 에너지 저장 셀(12)은 다양한 형태를 가질 수 있다. 일반적으로 적어도 2개의 복수의 리드(예를 들어, 단자(8))이 존재하고, 각각의 전류 컬렉터(2)에 대해 하나씩 존재한다. 간단함을 위해, 단자(8) 중 하나만이 도 12, 15 및 17에 도시된다.

[0121] 하우징(7)의 매우 효율적인 밀봉이 요구된다. 즉, 외부 환경(예를 들어, 공기, 습기, 등등)의 침범을 방지하는 것은 에너지 저장 셀(12)의 컴포넌트들의 순도를 유지하는 데 도움이 된다. 또한, 이것은 에너지 저장 셀(12)로부터 전해질(6)의 누설을 방지한다.

[0122] 이제 도 13을 참조하면, 하우징(7)은 내부 배리어(30)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 배리어(30)는 코팅이다. 이 예에서, 배리어(30)는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)으로 형성된다. 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE)은 이 구성이 배리어(30)에 꼭 맞게 하는 다양한 속성을 나타낸다. PTFE는 약 327°C의 용점을 갖고, 훌륭한 유전체 속성을 갖고, 임의의 알려진 고체 재료 중에서 세번째로 가장 낮은 약 0.05 내지 0.10의 마찰 계수를 갖고, 높은 내부식성을 갖고, 다른 유익한 속성을 갖는다. 일반적으로, 캡(24)의 내부는 그 위에 배치된 배리어(30)를 포함할 수 있다.

[0123] 다른 재료들이 배리어(30)를 위해 이용될 수 있다. 특히 다른 재료들은 세라믹(적절하게 적용되고 성능 기준을 만족할 수 있는 임의의 타입의 세라믹), 다른 폴리머들(바람직하게는, 고온 폴리머) 등의 형태들이다. 예시적인 다른 폴리머들은 퍼플루오로알콕시(PFA) 및 플루오르화 에틸렌 프로필렌(FEP) 뿐만 아니라 에틸렌 테트라플루오로에틸렌(ETFE)를 포함한다.

[0124] 배리어(30)는 에너지 저장 셀(12)과 하우징(7) 또는 하우징(7)의 컴포넌트들 사이의 전기화학 또는 다른 타입의 반응들의 감소를 제공하는 임의의 재료 또는 재료들의 조합들을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 조합들은 단일 층 내의 상이한 재료들의 균질 분산으로서 나타난다. 다른 실시예들에서, 조합들은 복수의 층 내의 상이한 재료들로서 나타난다. 다른 조합들이 이용될 수 있다. 요약하면, 배리어(30)는 전기 절연체 및 화학적 불활성체(chemically inert)(즉, 낮은 반응도를 나타냄) 중 적어도 하나로서 고려될 수 있고, 따라서 저장 셀(12)과 하우징(7) 사이의 전기적 및 화학적 상호작용들 중 적어도 하나에 실질적으로 저항 또는 방해할 수 있다. 일부 실시예에서, 용어 "낮은 반응도" 및 "낮은 화학적 반응도"는 일반적으로 이례관계인에 대한 관심도 아래에 있는 화학적 상호작용의 속도를 가리킨다.

[0125] 일반적으로, 하우징(7)의 내부는 그 내부에 노출되는 하우징(7)의 모든 표면들이 커버되도록 배리어(30)에 호스팅될 수 있다. 적어도 하나의 미처리 영역(31)이 보디(20) 내에 그리고 캡(24)의 외부 표면(36) 상에 포함될 수 있다(도 14a 참조). 일부 실시예에서, 미처리 영역(31)(도 14b 참조)은(예를 들어, 용접에 의해) 밀봉 또는 접속될 영역들과 같은, 조립 요건을 고려하여 포함될 수 있다.

[0126] 배리어(30)는 종래의 기법들을 이용하여 내부 부분들에 도포될 수 있다. 예를 들어, PTFE의 경우에, 배리어(30)는 코팅으로서 내부 표면 상에 배리어(30)를 페인팅 또는 스프레이 하여 도포될 수 있다. 미처리 영역(31)이 원하는 무결성을 유지하도록 보장하기 위한 공정의 일부로서 마스크가 이용될 수 있다. 요약하면, 다양한 기술을 이용하여 배리어(30)를 제공할 수 있다.

[0127] 예시적인 실시예에서, 배리어(30)는 약 3 mil 내지 약 5 mil 두께이고, 배리어(30)를 위해 이용된 재료는 PFA 기반의 재료이다. 이 예에서, 배리어(30)를 구성하는 재료를 받는 표면들은 알루미늄 산화물과 같은 그릿 블라스팅(grit blasting)으로 준비된다. 표면들이 세정되면, 재료는 먼저 액체로서 그 다음에 분말로서 도포된다. 재료는 가열 처리 공정에 의해 경화된다. 일부 실시예에서, 가열 사이클은 약 370°C 온도에서 약 10분 내지 약

15분의 지속기간이다. 이것은 핀-홀 사이즈 또는 더 작은 결합이 실질적으로 없는 배리어(30)에 대한 연속적인 마무리(continuous finish)를 야기한다. 도 15는 본원의 교시들에 따른 울트라커패시터(10)의 실시예의 조립체를 도시한다. 이 실시예에서, 울트라커패시터(10)는 그 안에 배치된 배리어(30)를 포함하는 보디(20), 그 안에 배치된 배리어(30)를 갖는 캡(24), 및 에너지 저장 셀(12)을 포함한다. 조립 중에, 캡(24)은 보디(20) 위에 설치된다. 단자들(8) 중 첫번째 단자는 캡 피드 스루(19)에 전기적으로 결합되고, 단자들(8) 중 두번째 단자는 통상적으로 바닥부에, 측면에, 또는 캡(24)에서 하우징(7)에 전기적으로 결합된다. 일부 실시예에서, 단자들(8) 중 두번째 단자는 (예를 들어, 반대편 캡(24)의) 다른 피드 스루(19)에 결합된다.

[0128] 하우징(7)의 내부 표면(들) 상에 배치된 배리어(30)에 의해, 하우징(7)과 전해질 사이의 전기화학 및 다른 반응들이 매우 감소하거나 실질적으로 없어질 수 있다. 이것은 특히 화학적 및 다른 반응들의 속도가 일반적으로 증가하는 더 높은 온도에서 현저하다.

[0129] 이제 도 16을 참조하면, 다른 등가의 울트라커패시터에 비해 울트라커패시터(10)의 상대적 성능이 도시되어 있다. 도 16a에서, 울트라커패시터(10)의 종래 기술의 실시예에 대한 누설 전류가 도시된다. 도 16b에서, 배리어(30)를 포함하는 등가의 울트라커패시터(10)에 대한 누설 전류가 도시된다. 도 16b에서, 울트라커패시터(10)는 누설 전류가 도 16a에 도시된 울트라커패시터에 전기적으로 등가이다. 두 경우에, 하우징(7)은 스테인레스 스틸이었고, 셀에 공급된 전압은 1.75 볼트였고, 전해질은 정제되지 않았다. 온도는 150°C로 일정하게 홀드되었다. 특히, 도 16b의 누설 전류는 비교적 더 낮은 초기값을 나타내고, 시간이 흐를수록 실질적인 증가가 없으며, 도 16a의 누설 전류는 비교적 더 높은 초기값뿐만 아니라 시간이 흐를수록 상당한 증가를 나타낸다.

[0130] 일반적으로, 배리어(30)는 에너지 저장 셀(12)과 하우징(7) 사이에 적절한 두께의 적절한 재료들을 제공한다. 배리어(30)는 균질 혼합물, 불균질 혼합물 및/또는 적어도 하나의 재료 층을 포함할 수 있다. 배리어(30)는 완전한 커버리지(즉, 전극 컨택트들은 제외하고 하우징의 내부 표면적에 대해 커버리지를 제공) 또는 부분적 커버리지를 제공할 수 있다. 일부 실시예에서, 배리어(30)는 복수 컴포넌트들로 형성된다. 예를 들어, 아래 제시되고 도 8에 예시된 실시예를 고려한다.

[0131] 도 17을 참조하면, 부가적인 실시예의 양태들이 도시되어 있다. 일부 실시예에서, 에너지 저장 셀(12)은 엔벨로프(33) 내에 퇴적된다. 즉, 일단 조립되면 하우징(7)으로부터 에너지 저장 셀(12)을 분리하기 위해 에너지 저장 셀(12)은 그 위에 배치되거나, 그 위에 둘러싸이거나, 또는 다른 방법으로 적용된 배리어(30)를 갖는다. 엔벨로프(33)는 에너지 저장 셀(12)을 하우징(7) 내로 패키징하기에 앞서 적용될 수 있다. 따라서, 엔벨로프(33)의 이용은 예를 들어, 제조자들에게, 특정 이점들을 제공할 수 있다. (엔벨로프(33)는 예시의 목적으로 에너지 저장 셀(12) 위에 느슨하게 배치되는 것으로 도시되어 있다는 것에 주목한다.)

[0132] 일부 실시예에서, 엔벨로프(33)는 코팅과 결합하여 이용되고, 코팅은 내부 표면들의 적어도 일부 위에 배치된다. 예를 들어, 일 실시예에서, 코팅은 (돌출 단자(8)와 같이) 엔벨로프(33)가 적어도 부분적으로 침해(compromised)될 수 있는 영역들에서만 하우징(7)의 내부에 배치된다. 또한, 엔벨로프(33)와 코팅은 효율적인 배리어(30)를 형성한다.

[0133] 따라서, 배리어(30)의 통합은 종래 기술의 관점에서 비교적 낮은 초기값들을 갖는 누설 전류 및 시간이 흐를수록 누설 전류의 실질적으로 더 느린 증가를 나타내는 울트라커패시터를 제공할 수 있다. 의미 있게도, 울트라커패시터의 누설 전류는 종래 기술의 커패시터들이 엄청나게 큰 초기값들의 누설 전류 및/또는 시간이 흐를수록 엄청나게 빠른 누설 전류의 증가를 나타내는 주위 온도에 울트라커패시터가 노출될 때 현실적인(즉, 바람직하게 낮은) 레벨로 유지된다.

[0134] 통상적으로, 용어 "누설 전류"는 일반적으로 주어진 기간 후에 측정되는 커패시터에 의해 끌어당겨진 전류를 지칭한다. 이러한 측정은 커패시터 단자들이 실질적으로 고정된 전위차(단자 전압)로 홀드될 때 수행된다. 누설 전류의 평가시에, 통상적인 기간은 72시간이지만, 상이한 기간들이 이용될 수 있다. 종래 기술의 커패시터들에 대한 누설 전류는 일반적으로 에너지 저장 매체의 체적 및 표면적 증가 및 하우징의 내부 표면적에서의 동반적 증가에 따라 증가한다는 것에 주목한다. 일반적으로, 누설 전류 증가는 울트라커패시터(10) 내의 계속해서 증가하는 반응 속도를 나타내는 것으로 고려된다. 누설 전류의 성능 요건들은 일반적으로 특정 애플리케이션에서 일반적인 환경 조건에 의해 정의된다. 예를 들어, 20 mL의 체적을 갖는 울트라커패시터(10)와 관련하여, 누설 전류에 대한 실제 한계는 100 mA 아래로 내려갈 수 있다.

[0135] 이에 따라 배리어(30)의 실시예들 및 그의 다양한 양태들을 설명하였고, 울트라커패시터(10)는 하우징(7)과 에너지 저장 매체(1) 사이의 반응 감소의 결과로서 다른 이점들을 나타낼 수 있다는 것을 인식해야 한다. 예를

들어, 울트라커패시터(10)의 ESR(effective series resistance)은 시간이 흐를수록 비교적 더 낮은 값들을 나타낼 수 있다. 또한, 종래 기술의 커패시터에서 일어나는 원치않는 화학적 반응은 종종 탈기체(out-gassing), 또는 기밀하게 밀봉된 하우징의 경우에 하우징의 벌짐(bulging)과 같은 원치않은 효과들을 생성한다. 두 경우에, 이것은 커패시터의 기밀 밀봉 및/또는 하우징의 구조적 무결성의 침해로 이어진다. 궁극적으로, 이것은 종래 기술 커패시터의 누출 또는 돌발 고장으로 이어질 수 있다. 일부 실시예에서, 이러한 효과들은 개시된 배리어(30)의 적용에 의해 실질적으로 감소 또는 제거될 수 있다.

- [0136] 용어들 "배리어" 및 "코팅"은 본원의 교시들의 한정이 아님을 인식해야 한다. 즉, 하우징(7), 보디(20) 및/또는 캡(24)의 내부에 적절한 재료를 도포하기 위한 임의의 기술이 이용될 수 있다. 예를 들어, 다른 실시예들에서, 배리어(30)는 사실상 하우징 보디(20)를 형성하는 재료 내로 또는 그 재료 상에 제조되고, 재료는 그 다음에 하우징(7)의 다양한 컴포넌트들을 형성하기 위해 적절하게 작용 또는 성형된다. 배리어(30)를 도포하기 위한 많은 가능한 기술들 중 일부를 고려할 때, 재료(들)를 롤 온(roll on), 스퍼터, 진터, 라미네이트, 프린트, 또는 다른 방법으로 도포하는 것이 동등하게 적절할 수 있다. 요약하면, 배리어(30)는 제조자, 설계자 및/또는 사용자에게 의해 적절하다고 생각되는 임의의 기술을 이용하여 도포될 수 있다.
- [0137] 배리어(30)에 이용된 재료들은 반응도, 유전체 값(dielectric value), 용점, 하우징(7)의 재료들에 대한 접착력, 마찰 계수, 비용, 및 다른 그러한 인자들과 같은 속성들에 따라 선택될 수 있다. (계층화, 혼합, 또는 다른 방법으로 조합된) 재료들의 조합들을 이용하여 원하는 속성들을 제공할 수 있다.
- [0138] 배리어(30)를 갖는 것과 같은 강화된 하우징(7)을 이용하여, 일부 실시예에서, 전해질(6)의 저하를 제한할 수 있다. 배리어(30)는 강화된 하우징(7)을 제공하기 위한 하나의 기술을 제공하지만, 다른 기술들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 알루미늄으로 제조된 하우징(7)의 이용은 전해질(6)의 존재에서 알루미늄의 전기화학적 속성들로 인해 유익할 것이다. 그러나, 알루미늄의 제조에서의 어려움들을 고려할 때, 알루미늄을 이용하는 하우징(7)의 실시예들을 구성하는 것이 (지금까지) 가능하지 않았다.
- [0139] 하우징(7)의 부가적인 실시예들은 하우징을 용접하고 기밀 밀봉하는 능력을 사용자들에게 제공하면서, 전해질에 노출될 수 있는 모든 내부 표면들에 알루미늄을 제공하는 것들을 포함한다. 향상된 성능의 울트라커패시터(10)는 내부 부식 감소, 전도성 매체 내의 이종 금속들의 이용과 연관된 문제들의 제거, 및 다른 이유로 실현될 수 있다. 유익하게는, 하우징(7)은 유리-금속 쉴들을 포함하는(그리고 스테인레스 스틸, 탄탈륨 또는 다른 유익한 재료들 및 컴포넌트들로부터 제조된 것들을 포함할 수 있음) 이용가능한 전극 삽입들(electrode inserts)과 같은 기존의 기술을 이용하며, 이로써 제조하기에 경제적이다.
- [0140] 울트라커패시터(10)에 적합한 하우징(7)의 실시예들로서 본원에 개시되지만, 이들 실시예들(배리어(30)를 갖는 경우)은 적절한 것으로 보이는 임의의 타입의 에너지 저장와 이용될 수 있고, 실현가능한 임의의 타입의 기술을 포함할 수 있다. 예를 들어, 전기화학적 배터리들, 특히, 리튬 기반의 배터리들을 포함한, 다른 형태의 에너지 저장기 이용될 수 있다.
- [0141] 일부 실시예에서, 보디(20)의 구성에 이용된 재료는 알루미늄을 포함하고, 이것은 설계자 또는 제조자에 의해 적절한 것으로 생각되는 임의의 타입의 알루미늄 또는 알루미늄 합금을 포함할 수 있다(이것들 전부를 본원에서는 광범위하게 간단히 "알루미늄"이라고 칭한다). 다양한 합금들, 라미네이트들 등이 알루미늄(보디(20)의 내부에 노출되는 알루미늄) 위에 배치(예를 들어, 피복)될 수 있다. 부가적인 재료들(예를 들어, 일부 폴리머 기반의 재료들과 같은 구조적 재료들 또는 전기 절연성 재료들)을 이용하여 보디 및/또는 하우징(7)을 보완(compliment)할 수 있다. 알루미늄 위에 배치된 재료들은 마찬가지로 설계자 또는 제조자에 의해 적절한 것으로 보이는 것에 의해 선택될 수 있다.
- [0142] 일반적으로, 하우징(7)의 내부에 노출된 재료(들)는 전해질(6)에 노출될 때 충분히 낮은 반응도를 나타내고, 따라서 실시예들의 일부에 대한 예시일 뿐이고, 본원의 교시의 한정이 아니다.
- [0143] 이 예는 캡(24) 상의 하나의 피드 스루(19)만을 도시하지만, 하우징(7)의 구성은 본원에 논의된 실시예들에 의해 한정되지 않는다는 것을 인식해야 한다. 예를 들어, 캡(24)은 복수의 피드 스루(19)를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 보디(20)는 고리형 원통의 반대편 단에 제2의 유사한 캡(24)을 포함한다. 또한, 하우징(7)은 고리형 원통 모양의 보디(20)를 갖는 실시예들로 한정되지 않는다는 것을 인식해야 한다. 예를 들어, 하우징(7)은 뚜껑이 달린 디자인, 각기둥 모양의 디자인, 파우치, 또는 설계자, 제조자 또는 사용자의 요구들에 적절한 임의의 다른 디자인으로 될 수 있다.
- [0144] 하우징(7)의 매우 효율적인 밀봉이 요구된다. 즉, 외부 환경(예를 들어, 공기, 습기, 등등)의 침범을 방지하는

것은 에너지 저장 셀(12)의 컴포넌트들의 순도를 유지하는 데 도움이 된다. 또한, 이것은 에너지 저장 셀(12)로부터 전해질(6)의 누설을 방지한다.

[0145] 이제 도 18을 참조하면, 캡(24)을 위한 블랭크(34)의 실시예들의 양태들이 도시되어 있다. 도 18a에서, 블랭크(34)는 다층 재료를 포함한다. 제1 재료(41)의 층은 알루미늄이다. 제2 재료(42)의 층은 스테인레스 스틸이다. 도 18의 실시예들에서, 스테인레스 스틸은 알루미늄에 피복되고, 따라서 야금 속성들의 원하는 조합을 나타내는 재료를 제공한다. 즉, 본원에 제공된 실시예들에서, 알루미늄은 에너지 저장 셀(즉, 하우징)의 내부에 노출되고, 스테인레스 스틸은 외부에 노출된다. 이러한 식으로, 알루미늄의 유익한 전기적 속성들을 누리며, 스테인레스 스틸의 구조적 속성들(및 야금 속성들, 즉, 용접성)은 구성에 의존한다. 다층 재료는 적절한 것으로 보이는 추가적인 층들을 포함할 수 있다.

[0146] 위에서 언급한 바와 같이, 제1 재료(41)의 층이 제2 재료(42)의 층에(또는 층으로) 피복된다. 본원에 이용된 바와 같이, 용어 "피복", "피복하는" 등은 이중 금속들을 함께 결합하는 것을 가리킨다. 피복하는 것은 종종 고압하에서 시트들을 함께 가압 또는 롤링할 뿐만 아니라 다이틀 통해 2개의 금속을 압출(extruding)함으로써 실현된다. 레이저 피복과 같은 다른 공정들이 이용될 수 있다. 결과는 복수의 층들로 이루어진 재료의 시트이고, 여기서 복수의 재료 층들은 함께 결합되어서 재료가 단일 시트로서 작용(예를 들어, 균질 재료의 단일 시트로서 형성)될 수 있게 한다.

[0147] 여전히 도 18a를 참조하면, 일 실시예에서, (도시된 바와 같은) 플랫 스톡(flat stock)의 시트를 이용하여 블랭크(34)를 제공해서 플랫 캡(24)을 생성한다. (캡(24)의 원주 둘레와 같이) 제2 재료(42)의 층의 일부가 보디(20)에 캡(24) 부착을 용이하게 하기 위하여 제거될 수 있다. 도 18b에서, 블랭크(34)의 다른 실시예가 도시되어 있다. 이 예에서, 블랭크(34)는 오목 구성으로 형성되는 피복 재료의 시트로서 제공된다. 도 18c에서, 블랭크(34)는 볼록 구성으로 형성되는 피복 재료의 시트로서 제공된다. (도 18에 도시된 것들과 같은) 블랭크(34)의 다양한 실시예들로부터 제조되는 캡(24)은 하우징(7)의 보디(20)에의 용접을 지지하도록 구성된다. 더욱 구체적으로, 도 18b의 실시예는 보디(20)의 내부 직경 내에 꼭 맞도록 구성되고, 도 18c의 실시예는 보디(20)의 외부 직경에 맞도록 구성된다. 다양한 대안적인 실시예들에서, 시트 내의 피복 재료의 층들이 반대로 될 수 있다.

[0148] 조립될 때, 캡(24)은 보디(20)에 용접될 수 있으므로, 기밀 밀봉을 사용자들에게 제공한다. 예시적인 용접 기술들은 레이저 용접 및 TIG 용접을 포함하고, 적절하다고 생각되는 다른 형태의 용접을 포함할 수 있다.

[0149] 이제 도 19를 참조하면, 전극 조립체(50)의 실시예가 도시되어 있다. 전극 조립체(50)는 블랭크(34)에 설치되고 사용자에게 에너지 저장 매체로부터의 전기적 통신을 제공하도록 설계된다. 일반적으로, 전극 조립체(50)는 슬리브(sleeve)(51)를 포함한다. 슬리브(51)는 피드 스루(19)를 둘러싸는 절연체(26)를 둘러싼다. 이 예에서, 슬리브(51)는 플랜지 꼭대기 부분(flanged top portion)을 갖는 고리형 원통이다.

[0150] 캡(24)을 조립하기 위하여, 천공(도시되지 않음)이 블랭크(34)에 만들어진다. 천공은 전극 조립체(50)에 맞도록 크기가 정해지는 기하학적 구조를 갖는다. 따라서, 전극 조립체(50)는 블랭크(34)의 천공 내로 삽입된다. 전극 조립체(50)가 삽입되면, 전극 조립체(50)는 용접과 같은 기술을 통해 블랭크(34)에 고정될 수 있다. 용접은 슬리브(51)의 플랜지의 원주에 대해 용접하는 레이저 용접일 수 있다. 도 20을 참조하면, 용접이 수행되는 포인트들(61)이 도시된다. 이 실시예에서, 포인트들(61)은 비교적 간단한 용접 절차인, 스테인레스 스틸 대 스테인레스 스틸의 용접을 위한 적절한 위치들을 제공한다. 따라서, 본원의 교시들은 블랭크(34) 위에 놓이도록 단단히 전극 조립체(50)를 용접하는 것을 제공한다.

[0151] 슬리브(51)를 구성하기 위한 재료는 다양한 타입의 금속 또는 금속 합금을 포함할 수 있다. 일반적으로, 슬리브(51)를 위한 재료는 예를 들어, 구조적 무결성 및 (블랭크(34)에 대한) 결합성에 따라 선택된다. 슬리브(51)를 위한 예시적인 재료는 304 스테인레스 스틸 또는 316 스테인레스 스틸을 포함한다. 피드 스루(19)를 구성하기 위한 재료는 다양한 타입의 금속 또는 금속 합금을 포함할 수 있다. 일반적으로, 피드 스루(19)를 위한 재료는 예를 들어, 구조적 무결성 및 전기 전도도에 따라 선택된다. 전극을 위한 예시적인 재료는 446 스테인레스 스틸 또는 52 합금을 포함한다.

[0152] 일반적으로, 절연체(26)는 알려진 기술들(즉, 유리-대-금속 결합)을 통해 슬리브(51) 및 피드 스루(19)에 결합된다. 절연체(26)를 구성하기 위한 재료는 고온 유리, 세라믹 유리 또는 세라믹 재료들을 포함한 다양한 타입의 유리를 포함할 수 있고, 이것으로 한정되지 않는다. 일반적으로, 절연체(26)를 위한 재료는 예를 들어, 구조적 무결성 및 전기 저항도(즉, 전기 절연 속성)에 따라 선택된다.

- [0153] 다양한 용접 기술들의 이용뿐만 아니라 유리-대-금속 결합에 의존하는 컴포넌트들의 이용(예를 들어, 전극 조립체(50)의 전술한 실시예)은 에너지 저장의 기밀 밀봉을 제공한다. 다른 컴포넌트들을 이용해서도 기밀 밀봉을 제공할 수 있다. 본원에 이용된 바와 같이, 용어 "기밀 밀봉"은 일반적으로 본원에 정의되는 것보다 크지 않은 누설율을 나타내는 밀봉을 가리킨다. 그러나, 실제 밀봉 효율이 이러한 표준보다 더 잘 수행할 수 있는 것이 고려된다.
- [0154] 전극 조립체(50)를 블랭크(34)에 결합하기 위한 추가적인 또는 다른 기술들은 이러한 기술들이 적절하다고 생각될 때, 슬리브(51)의 플랜지 아래에(플랜지와 제2 재료(42)의 층 사이에) 결합 체제의 이용을 포함한다.
- [0155] 이제 도 21을 참조하면, 에너지 저장 셀(12)이 보디(20) 내에 배치된다. 적어도 하나의 단자(8)가 (예를 들어, 피드 스루(19)에) 적절하게 결합되고, 캡(24)은 울트라커패시터(10)를 제공하기 위해 보디(20)와 일치된다.
- [0156] 조립되면, 캡(24)과 보디(20)는 밀봉될 수 있다. 도 22는 조립된 에너지 저장의 다양한 실시예들을 도시한다(이 경우, 울트라커패시터(10)). 도 22a에서, 플랫폼 블랭크(34)(도 18a 참조)를 이용하여 플랫폼 캡(24)을 생성한다. 캡(24)이 보디(20)에 설치되면, 캡(24)과 보디(20)는 용접되어 셸(62)을 생성한다. 이 경우, 보디(20)는 고리형 원통이므로, 용접은 셸(62)을 제공하기 위해 캡(24)과 보디(20)에 대해 원주로(circumferentially) 진행된다. 도 22b에 도시된 제2 실시예에서, 오목 블랭크(34)(도 18b 참조)를 이용하여 오목 캡(24)을 생성한다. 캡(24)이 보디(20)에 설치되면, 캡(24)과 보디(20)는 용접되어 셸(62)을 생성한다. 도 22c에 도시된 제3 실시예에서, 볼록 블랭크(34)(도 18c 참조)를 이용하여 볼록 캡(24)을 생성한다. 캡(24)이 보디(20)에 설치되면, 캡(24)과 보디(20)는 용접되어 셸(62)을 생성할 수 있다.
- [0157] 적절하게, 다층 재료 내의 다른 금속을 노출하기 위해 (예를 들어, 머시닝(machining) 또는 식각 등과 같은 기술들에 의해) 피복 재료가 제거될 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서, 셸(62)은 알루미늄-대-알루미늄 용접을 포함할 수 있다. 알루미늄-대-알루미늄 용접은 적절하게 다른 패스너들과 보충될 수 있다.
- [0158] 다른 기술들을 이용하여 하우징(7)을 밀봉할 수 있다. 예를 들어, 레이저 용접, TIG 용접, 저항 용접, 초음파 용접, 및 다른 형태의 기계적 밀봉이 이용될 수 있다. 그러나, 일반적으로, 종래의 형태의 기계적 밀봉만으로는 울트라커패시터(10)에 제공된 강건한 기밀 밀봉을 제공하는 데 충분하지 않다는 것에 주목해야 한다.
- [0159] 일부 실시예에서, 다층 재료가 내부 컴포넌트들을 위해 이용된다. 예를 들어, 알루미늄이 단자들(8) 중 적어도 하나에 다층 재료를 제공하기 위해 스테인레스 스틸로 피복될 수 있다. 이 실시예들 중 일부에서, 알루미늄의 일부를 제거하여 스테인레스 스틸을 노출할 수 있다. 노출된 스테인레스 스틸은 그 다음에 간단한 용접 절차들의 이용에 의해 피드 스루(19)에 단자(8)를 부착하는 데 이용될 수 있다.
- [0160] 내부 컴포넌트들을 위한 피복 재료의 이용은 피복 재료의 특정 실시예들을 요할 수 있다. 예를 들어, 알루미늄(바닥부 층), 스테인레스 스틸 및/또는 탄탈륨(중간 층) 및 알루미늄(꼭대기 층)을 포함하는 피복 재료를 이용하고, 이로써 울트라커패시터(10)의 내부 환경에의 스테인레스 스틸의 노출을 제한하는 것이 유익할 수 있다. 이 실시예들은 예를 들어, PTFE와 같은 폴리머 재료들을 갖는 추가적인 코팅에 의해 증강될 수 있다.
- [0161] 일반적으로, 하우징의 조립은 종종 보디(20) 내에 저장 셀(12)을 배치하는 것 및 전해질(6)로 보디(20)를 채우는 것을 수반한다. 건조 공정이 수행될 수 있다. 예시적인 건조는, 종종 감소된 압력(예를 들어, 진공) 하에서, 그 안에 저장 셀(12) 및 전해질(6)을 갖는 보디(20)를 가열하는 것을 포함한다. 충분한 (옵션의) 건조가 수행되었다면, 최종 조립 단계들이 수행될 수 있다. 최종 단계들에서, 내부 전기 접속들이 만들어지고, 캡(24)이 설치되고, 캡(24)이 예를 들어, 캡(24)을 보디(20)에 용접함으로써 보디(20)에 기밀 밀봉된다.
- [0162] 따라서, 다층 재료를 이용하는 하우징(7)을 제공하는 것은 종래 기술의 관점에서 비교적 낮은 초기값들을 갖는 누설 전류 및 시간이 흐를수록 누설 전류의 실질적으로 더 느린 증가를 나타내는 에너지 저장을 제공한다. 의미 있게도, 에너지 저장의 누설 전류는 종래 기술의 커패시터들이 엄청나게 큰 초기값들의 누설 전류 및/또는 시간이 흐를수록 엄청나게 빠른 누설 전류의 증가를 나타내는 주위 온도에 울트라커패시터(10)가 노출될 때 현 실질적인(즉, 바람직하게 낮은) 레벨로 유지된다.
- [0163] 또한, 울트라커패시터(10)는 하우징(7)과 에너지 저장 셀(12) 사이의 반응이 감소된 결과로 다른 이점들을 보일 수 있다. 예를 들면, 에너지 저장의 ESR(effective series resistance)은 시간이 지남에 따라 비교적 낮은 값을 보일 수 있다. 또한, 종래의 커패시터에서 일어나는 원치 않는 화학 반응은 종종 가스 분출(out-gassing)이나, 기밀하게 밀봉된 하우징의 경우에는 하우징(7)의 벌징(bulging)과 같은 원치 않는 효과를 야기한다. 두 경우에, 이는 하우징(7) 및/또는 에너지 저장의 기밀 밀봉(hermetic seal)의 구조적 무결성에 대한 손상을 초래한

다. 궁극적으로, 이는 종래의 커패시터에 대해 누수 또는 치명적인 오류를 초래할 수 있다. 이러한 효과는 개시된 배리어의 적용에 의해 실질적으로 감소되거나 제거될 수 있다.

- [0164] 따라서, 이제, 사용자에게는, 하우징(7)의 모든 내부 표면까지 상당 부분이 알루미늄(및 후술하는 바와 같이 비-간섭 재료를 포함할 수 있음)인, 에너지 저장을 위한 하우징(7)이 제공된다. 따라서, 내부 부식의 문제를 피할 수 있고, 설계자는 전해질(6)을 위한 적절한 재료의 선택에 있어서 더 많은 유연성을 얻게 된다.
- [0165] 다층 재료(예컨대, 피복 재료)를 이용하여, 스테인리스 스틸이 하우징(7)에 통합될 수 있고, 따라서 유리-금속 씸(glass-to-metal seals)을 갖는 컴포넌트가 사용될 수 있다. 컴포넌트는 레이저 또는 저항 용접과 같은 기술을 사용하여 피복 재료의 스테인리스 스틸 측에 용접될 수 있는 한편, 피복 재료의 알루미늄 측은 다른 알루미늄 파트(예컨대, 본체(20))에 용접될 수 있다.
- [0166] 일부 실시예에서, 절연성 폴리머는 하우징(7)의 파트들을 코팅하는데 사용될 수 있다. 이러한 방식으로, 에너지 저장의 컴포넌트만 (알루미늄과 같은) 허용가능한 금속 유형에 노출되는 것을 보장할 수 있다. 예시적인 절연성 폴리머는 PFA, FEP, TFE 및 PTFE를 포함한다. 적합한 폴리머(또는 다른 재료)는 단지 시스템 설계자 또는 제작자의 필요 및 각각의 재료의 속성에 의해서만 제한된다. 도 23을 참조하면, 소량의 절연 재료(39)가 포함되어 스테인리스 스틸인 슬리브(sleeve)(51)와 피드-스루(19)에 대한 전해질(6)의 노출을 제한한다. 이 예에서, 단자(8)는, 이를테면, 용접에 의해, 피드-스루(19)에 커플링된 다음, 절연 재료(39)로 코팅된다.
- [0167] 이제, 도 24를 참조하면, 캡(24)에 대한 또 다른 실시예의 조립체(assembly) 측면이 도시된다. 도 4a는 캡(24)의 본체를 제공하는데 사용되는 템플릿(즉, 블랭크(34))을 도시한다. 템플릿은 일반적으로 (울트라커패시터(10)와 같은) 에너지 저장 셀의 적절한 유형의 하우징(7)과 일치될 수 있는 크기로 되어 있다. 캡(24)은 처음에 템플릿 내에 돔(37)을 포함하는 템플릿을 형성하여 템플릿을 제공하고(도 24b에 도시됨) 그 다음에 돔(37)을 천공하여 스루-웨이(through-way)(32)를 제공하도록 형성될 수 있다(도 24c에 도시됨). 물론, 블랭크(34)(예컨대, 스톡(stock)의 원형 피스(circular piece))는 가압될 수 있고 그렇지 않으면 전술한 특징들이 동시에 제공되도록 제조될 수 있다.
- [0168] 일반적으로, 이러한 실시예와 관련하여, 캡은 알루미늄, 또는 이들의 합금으로 형성될 수 있다. 그러나, 캡은 제조자, 사용자, 설계자 등에 의해 적합한 것으로 간주되는 임의의 재료로 형성될 수 있다. 예를 들면, 캡(24)은 스틸로 제조되어 부동태화(passivated)(즉, 비활성 코팅으로 코팅)되거나 그렇지 않으면 하우징(7)에서 사용하기 위해 준비될 수 있다.
- [0169] 또한, 이제, 도 25를 참조하면, 전극 조립체(50)의 또 다른 실시예가 도시된다. 이러한 실시예에서, 전극 조립체(50)는 피드-스루(19) 및 피드-스루(19)에 대해 배치된 반구형 재료를 포함한다. 반구형 재료는 절연체(26)의 역할을 하고, 일반적으로 돔(37)에 맞도록 형상화된다. 반구형 절연체(26)는 전해질(6)의 화학적 영향을 견디면서 기밀 밀봉을 제공하기 위한 임의의 적합한 재료로 제조될 수 있다. 예시적인 재료로는, PFA(퍼플루오로알콕시 폴리머), FEP(플루오르화 에틸렌-프로필렌), PVF(폴리비닐플루오라이드), TFE(테트라플루오로에틸렌), CTFE(클로로트리플루오로에틸렌), PCTFE(폴리클로로트리플루오로에틸렌), ETFE(폴리에틸렌테트라플루오로에틸렌), ECTFE(폴리에틸렌클로로트리플루오로에틸렌), PTFE(폴리테트라플루오로에틸렌), 또 다른 플루오로폴리머 기반 재료뿐만 아니라 (다양한 면에서) 유사한 속성을 보이고 (이를테면, 여러 가지 중에서도, 높은 온도에서 용매, 산 및 염기에 대해 고저항, 저비용 등을 보임으로써) 만족스러운 성능을 제공할 수 있는 임의의 다른 재료를 포함한다.
- [0170] 피드-스루(19)는 알루미늄, 또는 이들의 합금으로 형성될 수 있다. 그러나, 피드-스루(19)는 제조자, 사용자, 설계자 등에 의해 적합한 것으로 간주되는 임의의 재료로 형성될 수 있다. 예를 들면, 피드-스루(19)는 스틸로 제조되어 부동태화(즉, 실리콘과 같은 비활성 코팅으로 코팅)되거나 그렇지 않으면 전극 어셈블리(50)에 사용하기 위해 준비될 수 있다. 부동태화(passivation)를 위한 예시적인 기술은 기관의 표면에 수소화 비정질 실리콘의 코팅을 증착하고, 유효 시간 길이 동안 압력 및 승온 하에 적어도 하나의 불포화 탄화수소기를 갖는 결합 시약에 기관을 노출하여 코팅된 기관을 기능화하는 것을 포함한다. 수소화 비정질 실리콘 코팅은 유효 시간 길이 동안 압력 및 승온 하에 기관을 실리콘 수소화물 가스에 노출시킴으로써 증착된다.
- [0171] 반구형 절연체(26)는 돔(37)에 따라 크기가 조절될 수 있어 캡(24)에 조립될 때 스너그 피트(snug fit)(즉, 기밀 밀봉(hermetic seal))가 달성된다. 반구형 절연체(26)가 완벽하게 대칭이거나 전형적인 반구형 비율일 필요는 없다. 즉, 반구형 절연체(26)는 실질적으로 반구형이고, 예를 들어, 비율에 있어서 약간의 조정, 보통의 플랜지(modest flange)(이를테면, 베이스에서) 및 적절한 것으로 간주되는 다른 특징들을 포함할 수 있다. 반구

형 절연체(26)는 일반적으로 균질한 재료로 형성되지만, 이것은 필요 조건이 아니다. 예를 들어, 반구형 절연체(26)는 원하는 팽창 또는 압축을 제공하기 위해 그 내부에 공기 또는 가스 충전 토러스(미도시)를 포함할 수 있다.

- [0172] 도 26에 도시된 바와 같이, 전극 어셈블리(50)가 템플릿(즉, 형성된 블랭크(34))에 삽입되어 반구형의 기밀 밀봉을 포함하는 캡(24)에 대한 일 실시예를 제공할 수 있다.
- [0173] 도 27에 도시된 바와 같이, 다양한 실시예에서, 리테이너(retainer)(43)가 캡(24)의 저부(bottom)(즉, 하우징(7)의 내부에 대면하고 에너지 저장 셀(12)에 대면하는 캡(24)의 부분)에 결합되거나 그렇지 않으면 일치된다. 리테이너(43)는 (레이저, 초음파 등과 같은) 알루미늄 용접과 같은 다양한 기술을 통해 캡(24)에 결합될 수 있다. 결합을 위해, 예를 들어, 스탬핑(stamping)(즉, 기계적 접합) 및 브레이징(brazing)을 포함하는, 다른 기술들이 사용될 수 있다. 결합은, 예를 들어, 리테이너(43)의 주변을 따라 발생할 수 있다. 일반적으로, 원하는 셀(71)을 만들기 위해 적어도 하나의 결합 지점에 결합이 제공된다. 리테이너(43) 내에 절연체(26)를 밀봉하기 위해 복수의 리벳(rivet)과 같은 적어도 하나의 패스너(fastener)가 사용될 수 있다.
- [0174] 도 27의 예에서, 캡(24)은 오목한 디자인이다(도 18b 참조). 그러나, 다른 디자인이 사용될 수 있다. 예를 들어, 볼록 캡(24)이 제공될 수 있고(도 18c), 오버-캡(24) 또한 사용될 수 있다(도 18c의 실시예의 변형으로서, 도 22c에 도시된 바와 같이 탑재하도록 구성됨).
- [0175] 일부 실시예에서, 하우징(7)과 캡(24) 중 적어도 하나는 복수의 층을 포함하는 재료를 포함한다. 예를 들어, 제1 재료층은 알루미늄을 포함할 수 있고, 제2 재료층은 스테인리스 스틸일 수 있다. 이 예에서, 스테인리스 스틸은 알루미늄 상에 피복되므로, 원하는 조합의 야금 속성을 보이는 재료를 제공한다. 즉, 본 명세서에서 제공된 실시예에서, 알루미늄이 에너지 저장 셀(즉, 하우징)의 내부에 노출되는 한편, 스테인리스 스틸은 외부에 노출된다. 이러한 방식으로, 알루미늄의 유리한 전기적 속성을 갖는 한편, 구축(construction)을 위해 스테인리스 스틸의 구조적 속성(및 야금 속성, 즉, 용접성)에 의존한다. 다층 재료는 적절한 것으로 간주되는 추가적인 층을 포함할 수 있다. 바람직하게, 이것은 스테인리스 스틸에 대한 스테인리스 스틸의 용접, 즉, 상대적으로 간단한 용접 절차를 제공한다.
- [0176] 캡 뿐만 아니라 피드-스루(19)에 사용된 재료는 반구형 절연체(26)의 열 팽창과 관련하여 선택될 수 있다. 더불어, 제조 기술 또한 열 팽창을 고려하여 고안될 수 있다. 예를 들어, 캡(24)을 조립하는 경우에, 제조자는 반구형 절연체(26)에 압력을 가할 수 있으므로, 반구형 절연체(26)를 적어도 어느 정도는 압축할 수 있다. 이러한 방식으로, 캡(24)의 적어도 일부 열 팽창은 기밀 밀봉의 효과를 위태롭게 하지 않고 제공된다.
- [0177] 본체(20)의 구축에 사용되는 재료는 설계자 또는 제작자에 의해 적절한 것으로 간주되는 알루미늄, 임의의 유형의 알루미늄 또는 알루미늄 합금(본 명세서에서 이들 모두가 광범위하게 단순히 "알루미늄"으로 지칭된다)을 포함한다. 각종 합금, 라미네이트 등이 알루미늄(본체(20)의 내부에 노출되는 알루미늄) 위에 배치(예컨대, 피복)될 수 있다. 본체 및/또는 하우징(7)을 보완하기 위해 추가적인 재료(일부 폴리머-기반 재료와 같은, 전기 절연성 재료 또는 구조 재료)가 사용될 수 있다. 알루미늄 위에 배치된 재료는 마찬가지로 설계자 또는 제작자에 의해 적절한 것으로 간주되는 것으로 선택될 수 있다.
- [0178] 알루미늄의 사용이 필수적이거나 요구되는 것은 아니다. 즉, 재료의 선택은 설계자, 제작자, 또는 사용자 등이 적절한 것으로 간주하는 임의의 재료를 사용하기 위해 제공될 수 있다. 고려 사항은, 예를 들어, 전해질(6)과의 전기화학적 상호작용의 감소, 구조적 속성, 비용 등과 같은 다양한 요인에 관련될 수 있다.
- [0179] 이제, 저장 셀(12)이 보다 상세히 논의된다. 도 28을 참조하면, 울트라커패시터(10)의 절제 평면도가 제공된다. 이 예에서, 저장 셀(12)이 본체(20) 내에 삽입 및 포함된다. 각각의 복수의 리드는 함께 묶여 단자(8)의 하나로서 하우징(7)에 결합된다. 일부 실시예에서, 복수의 리드가 본체(20)의 저부에 결합되므로, 본체(20)가 음의 컨택트(negative contact)(55)로 변한다. 마찬가지로, 또 다른 복수의 리드가 묶여 피드-스루(19)에 결합되어, 양의 컨택트(positive contact)(56)를 제공한다. 음의 컨택트(55)와 양의 컨택트(56)의 전기 절연은 전기 절연체(26)에 의해 보존된다. 일반적으로, 리드의 결합은 레이저와 초음파 용접 중 적어도 하나와 같은 용접을 통해 달성된다. 물론, 적절한 것으로 간주되는 다른 기술들이 사용될 수 있다.
- [0180] 고효율 에너지 저장을 제공하기 위해 견고한 조립 기술이 요구된다는 것을 인식해야 한다. 따라서, 이제, 조립에 대한 일부 기술이 논의된다.
- [0181] 이제, 도 29를 참조하면, 예시적인 전극(3)의 컴포넌트가 도시된다. 이 예에서, 전극(3)은 음극(negative

electrode)(3)으로서 사용될 것이다(그러나, 이러한 지정은 임의적이고 단지 참조를 위한 것이다).

- [0182] 설명에서 언급된 바와 같이, 적어도 이 실시예에서, 분리막(separator)(5)은 일반적으로 에너지 저장 매체(1) (및 전류 컬렉터(2)) 보다 긴 길이와 넓은 폭을 갖는다. 큰 분리막(5)을 사용함으로써, 양극(3)과 음극(3)의 단락에 대한 보호가 제공된다. 분리막(5)에서 추가적인 재료의 사용은 또한 리드 및 단자(8)에 대한 더 나은 전기적 보호를 제공한다.
- [0183] 이제 도 30을 참조하면, 저장 셀(12)의 일 실시예의 측면도를 제공한다. 이 예에서, 에너지 저장 매체(1)의 적층 스택은 제1 분리막(5) 및 제2 분리막(5)을 포함하여, 저장 셀(12)이 롤형 저장 셀(rolled storage cell)(23)에 조립될 때, 전극(3)이 전기적으로 분리된다. 전극(3) 및 울트라커패시터(10)의 조립에 관한 용어인 "양(positive)"와 "음(negative)"은 단순히 임의적인 것으로, 울트라커패시터(10)에서 구성되고 그 내부에 전하가 저장되는 경우에 기능성을 언급하는 것임에 주목한다. 본 기술에서 보편적으로 채택되는 이러한 관례는, 조립 전에 전하가 저장된다는 것을 반영하거나, 상이한 전극들의 물리적 식별을 위해 제공하는 것 이외의 임의의 다른 측면을 함축하려는 의도가 아니다.
- [0184] 저장 셀(12)을 와인딩하기 전에, 음극(3) 및 양극(3)은 서로에 대해 정렬된다. 최고 수준의 정렬이 존재할 때 이온 수송을 위한 경로 길이가 일반적으로 최소화됨에 따라, 전극들(3)의 정렬은 울트라커패시터(10)의 더 나은 성능을 제공한다. 또한, 높은 수준의 정렬을 제공함으로써, 초과 분리막(excess separator)(5)이 포함되지 않고, 결과적으로 울트라커패시터(10)의 효율이 악화되지 않는다.
- [0185] 이제, 또한, 도 31을 참조하면, 전극(3)이 롤형 저장 셀(23)로 감겨진 저장 셀(12)의 일 실시예가 도시된다. 분리막(5) 중 하나는 저장 셀(12)의 최외각 층(outmost layer)으로서 존재하고, 하우스징(7)의 내부로부터 에너지 저장 매체(1)를 분리한다.
- [0186] "극성 매칭(polarity matching)"은 본체(20)의 극성과 롤형 저장 셀(23)의 최외각 전극의 극성을 매칭하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예에서, 음극(3)은 롤형 저장 셀(23)을 제공하는 밀착 패키징된 패키지의 최외각 층에 있다. 이러한 실시예에서, 단락에 대한 또 다른 수준의 보장이 제공된다. 즉, 음극(3)이 본체(20)에 결합되는 경우, 음극(3)은 롤형 저장 셀(23)의 최외각 전극으로서 배치된다. 따라서, 이를테면, 사용 중에 울트라커패시터(10)의 진동에 의해 유도된 기계적 마모에 의해 분리막(5)이 고장나는 경우에, 울트라커패시터(10)는 롤형 저장 셀(23)의 최외각 전극과 본체(20) 사이의 단락으로 인해 고장나지 않을 것이다.
- [0187] 롤형 저장 셀(23)의 각각의 실시예에 대해, 기준 표시(72)는 적어도 분리막(5)에 있을 수 있다. 기준 표시(72)는 전극(3)의 각각에서 리드의 위치 결정을 제공하는데 사용될 것이다. 일부 실시예에서, 리드의 위치 결정은 계산에 의해 제공된다. 예를 들어, 젤리 롤의 내경과 조합된 분리막(5)과 전극(3)에 대한 전체의 두께를 고려하여, 각 리드의 배치 위치가 추정될 수 있다. 그러나, 실제로는 기준 표시(72)를 사용하는 것이 보다 효율적이고 효과적임을 보여 주었다. 기준 표시(72)는, 예를 들어, 분리막(들)(5)의 에지에서의 슬릿을 포함할 수 있다.
- [0188] 일반적으로, 기준 표시(72)는 저장 셀(12)의 각각의 새로운 사양을 위해 사용된다. 즉, 저장 셀(12)의 새로운 사양은 (이전의 실시예에 대해) 그 내부에서 적어도 하나의 층의 두께를 상이하게 할 것을 요청할 수 있으므로, 이전의 기준 표시의 사용은 적어도 다소 부정확할 수 있다.
- [0189] 일반적으로, 기준 표시(72)는 그 센터에서 그 주변부로 롤을 횡단하는 단일 방사선(single radial line)으로 명시되어 있다. 따라서, 리드가 기준 표시(72)를 따라 설치되는 경우에, 각각의 리드는 나머지 리드와 정렬될 것이다(도 10에 도시된 바와 같이). 그러나, 저장 셀(12)이 퍼지는(unroll) 경우(저장 셀(12)이 있거나 롤이 될 실시예에 대해), 기준 표시(72)는 복수의 표시(marking)인 것으로 간주될 수 있다(도 32에 도시된 바와 같이). 편의상, 저장 셀(12)의 표시의 등장 또는 실시예에 무관하게, 리드의 통합을 위한 위치 식별은 "기준 표시(72)" 또는 "기준 표시들의 세트(72)"의 식별을 수반하는 것으로 간주된다.
- [0190] 이제, 도 32를 참조하면, 기준 표시(72)가 수립되면(이를테면, 감겨진 저장 셀(12)에 표시함으로써), 각 리드의 설치를 위한 설치 장소가 제공된다(즉, 기준 표시(72)에 의해 설명됨). 각 설치 장소가 식별되면, 저장 셀(12)의 임의의 주어진 빌드 사양(build specification)에 대해, 각각의 설치 장소의 상대적인 위치는 저장 셀(12)의 특정한 빌드의 추가적인 인스턴스에 대해 반복될 수 있다.
- [0191] 일반적으로, 각 리드는 저장 셀(12)에서 각각의 전류 컬렉터(2)에 결합된다. 일부 실시예에서, 전류 컬렉터(2)와 리드 둘 다 알루미늄으로 제조된다. 일반적으로, 리드는 폭(W)을 가로질러 전류 컬렉터(2)에 결합되지만, 리드는 단지 폭(W)의 일부에 대해 결합될 수 있다. 결합은, 예를 들어, 전류 컬렉터(2)에 대한 리

드의 초음파 용접에 의해 달성될 수 있다. 결합을 달성하기 위해, 에너지 저장 매체(1)의 적어도 일부는 각각의 리드가 전류 컬렉터(2)와 적절하게 연결될 수 있도록 (적절하게) 제거될 수 있다. 결합을 제공하기 위해, 적절한 것으로 간주되는 다른 준비(preparations) 및 조절(accommodations)이 실시될 수 있다.

[0192] 물론, 반대편 기준 표시(opposing reference mark)(73)가 포함될 수 있다. 즉, 기준 표시(72)가 제공되는 것과 동일한 방식으로, 반대편 극성을 위한 리드들의 설치를 설명하기 위해 반대편 기준 표시들의 세트(73)가 만들어질 수 있다. 즉, 기준 표시(72)는 음극(3)과 같은 제1 전극(3)에 리드를 설치하기 위해 이용될 수 있는 한편, 반대편 기준 표시(73)는 양극(3)에 리드를 설치하기 위해 이용될 수 있다. 롤형 저장 셀(23)이 원통형인 실시예에서, 반대편 기준 표시(73)는 에너지 저장 매체(1)의 반대측에 배치되고, 기준 표시(72)로부터 세로로 오프셋한다(도시된 바와 같이).

[0193] 도 32에서, 기준 표시(72)와 반대편 기준 표시(73)는 모두 단일 전극(3) 상에 배치되는 것으로 도시된다는 것에 주목한다. 즉, 도 29는 단순히 기준 표시(72)와 반대편 기준 표시(73)의 공간(즉, 선형) 관계를 예시하기 위한 일 실시예를 도시한다. 이것은 양극(3)과 음극(3)이 에너지 저장 매체(1)를 공유한다는 것을 함축하려는 의도가 아니다. 그러나, 기준 표시(72)와 반대편 기준 표시(73)가 저장 셀(12)을 감고 분리막(5)에 표시하여 배치되는 경우에, 기준 표시(72)와 반대편 기준 표시(73)는 틀림없이 단일 분리막(5) 상에 제공될 수 있다는 것에 주목해야 한다. 그러나, 실제로, 기준 표시(72)와 반대편 기준 표시(73)의 단지 하나의 세트만 임의의 주어진 전극(3)에 대한 리드를 설치하는 데 사용된다. 즉, 도 32에 도시된 실시예는 반대편 극성일 또 다른 전극(3)을 위한 에너지 저장 매체(1)의 또 다른 층으로 보완될 것임을 인식해야 한다.

[0194] 도 33에 도시된 바와 같이, 전술한 조립 기술은, 저장 셀(12)이 적어도 하나의 세트의 정렬된 리드들을 포함하는 것을 야기한다. 제1 세트의 정렬된 리드들(91)은 롤형 저장 셀(23)을 음의 컨택트(55) 및 양의 컨택트(56) 중 하나에 결합할 때 특히 유용한 한편, 반대편 정렬된 리드들의 세트(92)는 에너지 저장 매체(1)를 반대편 컨택트(55, 56)에 결합하기 위해 제공한다.

[0195] 롤형 저장 셀(23)은 랩퍼(93)에 의해 둘러싸여 있을 수 있다. 랩퍼(93)는 다양한 실시예로 실현될 수 있다. 예를 들어, 랩퍼(93)는 KAPTON™ 테이프(델라웨어주, 윌밍턴의 듀폰에 의해 개발된 폴리이미드 필름), 또는 PTFE 테이프로서 제공될 수 있다. 이 예에서, KAPTON™ 테이프는 롤형 저장 셀(23)을 둘러싸고 부착된다. 랩퍼(93)는, 롤형 저장 셀(23)에 슬라이드되는 밀착 피팅 랩퍼(tightly fitting wrapper)(93)와 같이, 접착제 없이 제공될 수 있다. 랩퍼(93)는, 일반적으로 (예컨대, 위에서 논의된 엔벨로프(73)와 같은) 롤형 저장 셀(23)을 완전히 둘러싸는, 백(bag)으로서 명시될 수 있다. 이러한 실시예들의 일부에서, 랩퍼(93)는 수축-랩처럼 기능함으로써 롤형 저장 셀(23)의 효율적인 물리(및 일부 실시예에서, 화학) 엔클로저를 제공하는 재료를 포함할 수 있다. 일반적으로, 랩퍼(93)는 울트라커패시터(10)의 전기화학적 기능을 방해하지 않는 재료로 형성된다. 랩퍼(93)는 또한, 예를 들어, 롤형 저장 셀(23)의 삽입을 돕기 위해 필요에 따라 부분적인 커버리지를 제공할 수 있다.

[0196] 일부 실시예에서, 음극 리드 및 양극 리드는 롤형 저장 셀(23)의 반대측에 위치된다(젤리-롤 타입 롤형 저장 셀(23)의 경우에, 음의 극성의 리드들 및 양의 극성의 리드들은 정반대의 것일 수 있다). 일반적으로, 롤형 저장 셀(23)의 반대측에 음의 극성의 리드들과 양의 극성의 리드들을 배치하는 것은 롤형 저장 셀(23)의 구성을 용이하게 할 뿐만 아니라 개선된 전기적 분리를 제공하기 위해 수행된다.

[0197] 일부 실시예에서, 정렬된 리드들(91, 92)이 조립되면, 복수의 정렬된 리드(91, 92) 각각이 (제자리에서) 함께 묶여, 수축-랩(미도시)이 복수의 정렬된 리드(91, 92) 주위에 배치될 수 있다. 일반적으로, 수축-랩은 PTFE로 형성되지만, 임의의 적합한 재료가 사용될 수 있다.

[0198] 일부 실시예에서, 수축-랩 재료가 정렬된 리드(91)에 대해 배치되면, 정렬된 리드(91)는 울트라커패시터(10)가 조립되었을 때를 상정하는 형상으로 폴드된다. 즉, 도 34를 참조하면, 정렬된 리드가 "Z" 형상이라고 가정하는 것을 알 수 있다. 정렬된 리드(91, 92)에 "Z-폴드"를 부여하고, 수축-랩을 적용한 후, 수축-랩이 정렬된 리드(91, 92)에 대한 위치로 축소하도록 수축-랩이 가열되거나 그렇지 않으면 활성화될 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서, 정렬된 리드(91, 92)는 랩퍼에 의해 강화되고 보호될 수 있다. 캡(24) 내에 배치된 피드-스루(19)에 에너지 저장 매체(1)를 결합할 때 Z-폴드의 사용이 특히 유용하다.

[0199] 물론, 정렬된 리드(91, 92)의 각 세트(즉, 각 단자(8))를 각각의 컨택트(55, 56)에 결합하기 위한 다른 실시예가 실시될 수도 있다. 예를 들어, 하나의 실시예에서, 중간 리드(intermediate lead)가 피드-스루(19)와 하우징(7) 중 하나에 결합되어, 정렬된 리드들(91, 92)의 각각의 세트와의 결합이 용이해 진다.

- [0200] 사용되는 재료는 반응성, 유전값, 용점, 다른 재료과의 밀착성, 용접성, 마찰 계수, 비용 및 다른 이러한 요인들과 같은 속성에 따라 선택될 수 있다. 원하는 속성을 제공하기 위해 재료들의 조합(이들테면, 적층, 혼합, 또는 그렇지 않으면 조합)이 사용될 수 있다.
- [0201] 다양한 실시예에서, 전력 공급을 제공하기 위해 복수의 울트라커패시터(10)를 사용하는 것이 유용하다. 안정적인 작동을 제공하기 위해, 개개의 울트라커패시터(10)는 사용하기에 앞서 테스트된다. 다양한 유형의 테스트를 수행하기 위해, 울트라커패시터(10)의 각각은 직렬로 또는 병렬로 다수의 울트라커패시터(10)가 부착된 단일 셀로서 테스트될 수 있다. 다양한 기술에 의해(이들테면, 용접에 의해) 접합된 상이한 금속들을 사용하면, 접속의 ESR을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 접속의 강도를 증가시킬 수 있다. 이제, 울트라커패시터들(10) 간의 접속에 대한 일부 측면이 소개된다.
- [0202] 일부 실시예에서, 울트라커패시터(10)는 두 개의 컨택트를 포함한다. 두 개의 컨택트는 유리-금속 셸 핀(즉, 피드-스루(19))과 하우징(7)의 전체 나머지이다. 복수의 울트라커패시터(10)를 직렬로 연결하는 경우, 그것은 종종 하우징(7)의 저부 사이의 상호접속을 결합하는 것이 바람직하여(원통형 하우징(7)의 경우에), 내부 리드까지의 거리가 최소화되고, 따라서 저항이 최소화이다. 이러한 실시예에서, 상호접속의 반대편 단부는 보통 유리-금속 셸의 핀에 결합된다.
- [0203] 상호접속과 관련하여, 보편적인 유형의 용접은 병렬 팁 전기 저항 용접기의 사용을 수반한다. 용접은 핀 위에 상호접속의 단부를 정렬하고 핀에 직접 상호접속을 용접하여 이루어질 수 있다. 다수의 용접을 사용하면 상호접속과 핀 사이의 강도 및 접속을 증가시킬 것이다. 일반적으로, 핀에 용접할 때, 핀과 잘 일치하기 위해 상호접속의 단부의 형상을 구성하는 것은, 단락을 야기하는 핀을 오버랩하는 초과 재료가 실질적으로 존재하지 않도록 보장하는 역할을 한다.
- [0204] 반대편 팁 전기 저항 용접기는 핀에 상호접속을 용접하는데 사용되는 한편, 초음파 용접기는 하우징(7)의 저부에 상호접속을 용접하는데 사용될 수 있다. 관련 금속들이 양립될 수 있는 경우에 납땜 기술을 사용할 수 있다.
- [0205] 상호접속에서 사용되는 재료와 관련하여, 상호접속을 위해 사용되는 보편적인 유형의 재료는 니켈이다. 니켈은 스테인리스 스틸과 잘 용접되고 강한 인터페이스를 가지므로 사용될 수 있다. 예를 들어, 상호접속에서 저항을 감소시키기 위해, 다른 금속 및 합금이 니켈 대신에 사용될 수 있다.
- [0206] 일반적으로, 상호접속을 위해 선택된 재료는 핀 내의 재료는 물론 하우징(7) 내의 재료와 양립가능하도록 선택된다. 예시적인 재료로는 구리, 니켈, 탄탈륨, 알루미늄, 및 니켈 구리 피복이 있다. 사용할 수 있는 추가 금속으로는 은, 금, 황동, 백금, 및 주석이 있다.
- [0207] 일부 실시예에서, 이들테면, 핀(즉, 피드-스루(19))이 탄탈륨으로 이루어지는 경우에, 상호접속은, 이들테면, 짧은 브리지 접속을 사용함으로써, 중간 금속을 활용할 수 있다. 예시적인 브리지 접속은, 브리지에 알루미늄/구리/니켈의 스트립을 용접하기 위해 반대편 팁 저항 용접기를 사용하여 수정된, 탄탈륨의 스트립을 포함한다. 그 다음, 병렬 저항 용접기는 탄탈륨 핀에 탄탈륨 스트립을 용접하는 데 사용된다.
- [0208] 브리지는 또한 하우징(7)인 컨택트 상에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 니켈 피스는 하우징(7)의 저부에 용접된 저항일 수 있다. 그 다음, 구리 스트립이 니켈 브리지에 초음파 용접될 수 있다. 이 기술은 셀 상호접속의 저항을 감소시키는데 도움이 된다. 각각의 접속을 위해 상이한 금속들을 사용하면, 직렬의 셀 사이의 상호접속의 ESR을 감소시킬 수 있다.
- [0209] 따라서, 고온 환경(즉, 약 210°C까지)에 유용한 강력한 울트라커패시터(10)의 측면을 설명하는데 있어서, 일부 추가적인 측면이 이제 제공 및/또는 정의된다.
- [0210] 다양한 재료가 울트라커패시터(10)의 구축에 이용될 수 있다. 산소 및 습기가 배제되어야 하고 전해질(6)이 탈출하는 것을 방지해야 할 경우에, 울트라커패시터(10)의 무결성이 필수적이다. 이를 달성하기 위해, 심 용접(seam welds) 및 임의의 다른 밀봉 포인트는 작동을 위한 의도된 온도 범위에 걸쳐 기밀성에 대한 표준을 충족해야 한다. 또한, 선택된 재료는 전해질(6)의 배합에 이용될 수 있는 이온성 액체 및 용매와 같은 다른 재료와 양립가능해야 한다.
- [0211] 일부 실시예에서, 피드-스루(19)는 KOVAR™(켄실베니아주 리딩의 카펜터 테크놀로지 코퍼레이션의 상표로서, KOVAR은 진공 용해된 철-니켈-코발트, 즉, 저 팽창 합금이며, 그의 화학 성분은 정확한 균일 열 팽창 속성을 보장하기 위해 좁은 범위 내에서 제어됨), 합금(52)(금속에 대한 유리 및 세라믹 밀봉에 적합한 니켈 철 합금),

탄탈륨, 몰리브덴, 니오븀, 텅스텐, 스테인리스 스틸 446(고온 부식과 산화에 대해 우수한 저항을 제공하는 페 라이트계, 비-가열 처리가 가능한 스테인리스 스틸) 및 티타늄 중 적어도 하나와 같은 금속으로 형성된다.

- [0212] 전술한 것을 활용하는 유리-금속 셸의 보디는 304, 304L, 316, 및 316L 합금과 같은 300 시리즈 스테인리스 스틸으로 제조될 수 있다. 보디는 또한 인코넬(압력 및 열을 받는 극한 환경에서 서비스에 아주 적합한 산화 및 부식 저항 재료인 오스테나이트계 니켈-크롬-기반 초합금의 패밀리) 및 하스텔로이(니켈과 다양한 비율의 몰리브덴, 크롬, 코발트, 철, 구리, 망간, 티타늄, 지르코늄, 알루미늄, 탄소, 텅스텐을 포함하는 내부식성이 높은 금속 합금)과 같은 다양한 니켈 합금 중 적어도 하나와 같은 금속으로 만들어질 수 있다.
- [0213] 유리-금속 셸에서 둘러싸는 보디(surrounding body)와 피드-스루(19) 사이의 절연 재료는 일반적으로 유리로서, 그의 조성은 밀봉의 각 제조자에게 소유권이 있고 밀봉이 압축 하에 있는지 또는 매칭되는지에 따라 다르다. 다른 절연성 재료들이 유리-금속 셸에 사용될 수 있다. 예를 들면, 다양한 폴리머가 밀봉에 사용될 수 있다. 이와 같이, "유리-금속(glass-to-metal)" 밀봉이라는 용어는 단순히 밀봉의 유형을 설명하는 것으로, 밀봉이 유리를 포함해야 한다는 것을 함축하려는 의도가 아니다.
- [0214] 울트라커패시터(10)를 위한 하우징(7)은, 예를 들면, 타입 304, 304L, 316 및 316L 스테인리스 스틸으로 만들어질 수 있다. 그들은 또한 1100, 3003, 5052, 4043 및 6061과 같은 알루미늄 합금의 일부로 구성될 수 있지만 이로 제한되지 않는다. 각종 다층 재료가 사용될 수 있고, 예를 들면, 스테인리스 스틸에 대한 알루미늄 피복을 포함할 수 있다. 사용될 수 있는 다른 비-제한 양립가능 금속으로는 백금, 금, 로듐, 루테튬 및 은이 있다.
- [0215] 울트라커패시터(10)에 사용된 유리-금속 셸의 특정 예로는 두 가지 상이한 유형의 유리-금속 셸이 있다. 첫 번째는 미국, 뉴욕, 엘름스포드에 위치한 SCHOTT로부터의 것이다. 이 실시예는 스테인리스 스틸 핀, 유리 절연체, 및 스테인리스 스틸 보디를 사용한다. 두 번째 유리-금속 셸은 오하이오, 신시내티의 HERMETIC SEAL TECHNOLOGY로부터의 것이다. 이 두 번째 실시예는 탄탈륨 핀, 유리 절연체 및 스테인리스 스틸 보디를 사용한다. 다양한 사이즈의 다양한 실시예가 제공될 수 있다.
- [0216] 유리-금속 셸에 대한 추가적인 실시예는 알루미늄 밀봉 및 알루미늄 보디를 사용하는 실시예이다. 유리-금속 셸에 대한 또 다른 실시예는 에폭시 또는 다른 절연 재료(이를테면, 세라믹 또는 실리콘)을 사용하는 알루미늄 밀봉을 포함한다.
- [0217] 유리-금속 셸에 대한 다수의 측면이 원하는대로 구성될 수 있다. 예를 들어, 하우징과 핀의 치수 및 핀과 하우징의 재료는 적절하게 변형될 수 있다. 핀은 또한 튜브 또는 고체 핀일 수 있을 뿐만 아니라 하나의 커버에 다수의 핀을 가질 수 있다. 핀에 사용되는 재료의 가장 보편적인 유형은 스테인리스 스틸 합금, 구리 코어형 스테인리스 스틸, 몰리브덴, 백금-이리듐, 다양한 니켈-철 합금, 탄탈륨 및 다른 금속들이지만, 일부 종래와는 다른 재료가 사용될 수 있다(이를테면, 알루미늄). 하우징은 일반적으로 스테인리스 스틸, 티타늄 및/또는 다양한 다른 재료로 형성된다.
- [0218] 울트라커패시터(10)의 조립에서 다양한 체결 기술(fastening techniques)이 사용될 수 있다. 예를 들어, 용접과 관련하여, 다양한 용접 기술이 사용될 수 있다. 용접의 유형 및 각 용접 유형이 사용될 수 있는 다양한 용도에 대한 예시적인 리스팅은 다음과 같다.
- [0219] 초음파 용접은, 여러 가지 중에서도: 전류 컬렉터에 대한 알루미늄 탭 용접; 저부 클래드 커버에 대한 탭 용접; 유리-금속 셸 핀에 접속된 클래드 브리지에 대한 점퍼 탭 용접; 및 젤리 롤 탭들을 함께 용접하기 위해 사용될 수 있다. 펄스 또는 저항 용접은, 여러 가지 중에서도: 캔의 저부 또는 핀에 리드 용접; 전류 컬렉터에 리드 용접; 클래드 브리지에 점퍼 용접; 단자(8)에 클래드 브리지 용접; 및 저부 커버에 리드 용접을 위해 사용될 수 있다. 레이저 용접은, 여러 가지 중에서: 스테인리스 스틸 캔에 대한 스테인리스 스틸 커버 용접; 스테인리스 스틸 유리-금속 셸 핀에 대한 스테인리스 스틸 브리지 용접; 및 충전 포트에 플러그 용접을 위해 사용될 수 있다. TIG 용접은, 여러 가지 중에서: 알루미늄 캔에 대한 알루미늄 커버 밀봉; 및 제자리에 알루미늄 밀봉 용접을 위해 사용될 수 있다. 냉간 용접(cold welding)(큰 힘으로 금속들을 함께 압축)은, 여러 가지 중에서: 충전 포트(fill port)에 알루미늄 볼/택(ball/tack)을 피팅하는 힘에 의해 충전 포트를 밀봉하기 위해 사용될 수 있다.
- [0220] 예시적인 울트라커패시터(10)의 물리적 측면이 이제 제공된다. 아래의 표에서, "탭(tab)"이라는 용어는 일반적으로 위에서 논의된 "리드(lead)"를 지칭하고; "브리지(bridge)" 및 "점퍼(jumper)"라는 용어는 또한 리드의 측면에서 언급하는 것이다(예를 들어, 브리지는 피드-스루 또는 "핀"에 결합될 수 있는 한편, 점퍼는 브리지를 탭 또는 리드에 접속하는데 유용하다). 다양한 접속의 사용은 조립 프로세스를 용이하게 하고, 소정의 조립 기술

을 활용할 수 있다. 예를 들어, 브리지는 핀에 레이저 용접 또는 저항 용접될 수 있고, 점퍼에 초음파 용접으로 결합될 수 있다.

표 7

전해질을 갖는 완전한 셀의 무게		
컴포넌트	무게 (grams)	전체 중 비율
SS 캔(하우징의 본체)	14.451	20.87%
SS 상부 커버(캡)	5.085	7.34%
탄탈롬 유리-금속 셀	12.523	18.09%
SS/Al 클래드 저부	10.150	14.66%
택(충진 홀을 위한 밀봉)	0.200	0.29%
내부 전극(클리어됨, 탭 없음)	3.727	5.38%
내부 전극 알루미늄	1.713	2.47%
내부 전극 탄소	2.014	2.91%
외부 전극(클리어됨, 탭 없음)	4.034	5.83%
외부 전극 알루미늄	1.810	2.61%
외부 전극 탄소	2.224	3.21%
분리막	1.487	2.15%
알루미늄 젤리 롤 탭(모두 8)	0.407	0.59%
Ta/Al 클래드 브리지	0.216	0.31%
알루미늄 점퍼(브리지-JR 탭)	0.055	0.08%
테플론 열 수축	0.201	0.29%
전해질(IT)	16.700	24.12%
총 무게	69.236	100.00%

[0221]

표 8

전해질이 없는 완전한 셀의 무게		
컴포넌트	무게 (grams)	전체 중 비율
SS 캔	14.451	27.51%
SS 상부 커버	5.085	9.68%
탄탈롬 유리-금속 셀	12.523	23.84%
SS/Al 클래드 저부	10.150	19.32%
택	0.200	0.38%
내부 전극(클리어됨, 탭 없음)	3.727	7.09%
외부 전극(클리어됨, 탭 없음)	4.034	7.68%
분리막	1.487	2.83%
알루미늄 젤리 롤 탭(모두 8)	0.407	0.77%
Ta/Al 클래드 브리지	0.216	0.41%
알루미늄 점퍼(브리지-JR 탭)	0.055	0.10%
테플론 열 수축	0.201	0.38%
총 무게	52.536	100.00%

[0222]

표 9

전해질을 갖는 풀 셀에서 셀 컴포넌트의 무게		
컴포넌트	무게 (grams)	전체 중 비율
캔, 커버, 셀, 브리지, 점퍼, 열 수축, 택	42.881	61.93%
전극, 탭, 분리막을 갖는 젤리 롤	9.655	13.95%
전해질	16.700	24.12%
총 무게	69.236	100.00%

[0223]

표 10

전극의 무게		
컴포넌트	무게 (grams)	전체 중 비율
내부 전극 탄소	2.014	25.95%
내부 전극 알루미늄	1.713	22.07%
외부 전극 탄소	2.224	28.66%
외부 전극 알루미늄	1.810	23.32%
총 무게	7.761	100.00%

[0224]

[0225]

울트라커패시터(10)에서 순도의 시연으로서, 밀봉된 울트라커패시터(10)의 하우징(7)이 개방되고, 불순물을 위해 저장 셀(12)이 샘플링되었다. 수분 함유량(water content)은 셀(12)의 전극, 분리막 및 전해질에 대해 카알 피셔법을 사용하여 측정되었다. 세 개의 측정치가 취해지고 평균이 계산되었다.

[0226]

전극 및 분리막의 수분 함유량(즉, 수분의 레벨)은 각각 343.3ppm(wt%) 및 152.6ppm(wt%)인 것으로 밝혀졌다. 전해질(6)에서 수분 함유량을 측정하기 위해, 폐쇄된 셀로부터 획득된 1.1ml의 전해질이 정제된 4ml의 전해질과 혼합되었다. 그 다음, 혼합물의 수분 함유량이 측정되었다. 추가된 전해질(60.3ppm)에서 수분 함유량을 아는 것에 의해, 셀로부터 인출된 전해질의 수분 함유량이 결정되었다. 따라서, 밀봉된 울트라커패시터(10) 내의 전해질(6)의 수분 함유량은 15.5ppm이었다. 울트라커패시터(10)에서 할라이드 함유량은 ISE(Ion Selective Electrodes)를 사용하여 측정되었다. 평균 염화(Cl-) 이온 함유량은 전해질(6)에서 90.9ppm으로 밝혀진 한편, 평균 플루오라이드(F-) 함유량은 0.25ppm인 것으로 밝혀졌다.

[0227]

일반적으로, 울트라커패시터 내의 오염 재료를 특성화하기 위한 방법은, 그의 함유량에 액세스하기 위해 하우징(7)을 브리칭(breaching)하고, 함유량을 샘플링하고, 샘플을 분석하는 것을 포함한다. 본 명세서의 다른 곳에서 개시된 기술이 특성화 지원에 사용될 수 있다.

[0228]

울트라커패시터 및 그의 컴포넌트(전극, 전해질 및 분리막을 포함함)에서 불순물의 정확한 측정을 보장하기 위해, 적절한 환경, 이를테면, 글로브 박스 내의 비활성 환경에서 조립 및 조립해체가 수행될 수 있다.

[0229]

도 35 내지 38은 예시적인 울트라커패시터(10)의 성능을 도시하는 그래프이다. 도 35 및 36은 1.75 볼트와 125 °C에서 울트라커패시터(10)의 성능을 도시한다. 도 37 및 38은 1.5 볼트 및 150 °C에서 울트라커패시터(10)의 성능을 도시한다.

[0230]

일반적으로, 울트라커패시터(10)는 다양한 환경 조건 및 요구 하에 사용될 수 있다. 예를 들면, 단자 전압은 약 100mV 내지 10V의 범위일 수 있다. 주위 온도는 약 -40 °C 내지 +210 °C의 범위일 수 있다. 일반적인 높은 온도 주위 온도는 +60 °C 내지 +210 °C의 범위이다.

[0231]

도 39 내지 43은 예시적인 울트라커패시터(10)의 성능을 도시하는 추가적인 그래프이다. 이러한 예에서, 울트라커패시터(10)는 폐쇄된 셀(즉, 하우징)이었다. 울트라커패시터는 100mA의 충전 및 방전으로 10회 사이클링되었고, 0.5볼트로 충전되었고, 저항 측정되었고, 10mV로 방전되었고, 10초 휴식한 다음 다시 사이클링되었다.

[0232]

표 11 및 12는 울트라커패시터(10)의 실시예에 대한 비교 성능 데이터를 제공한다. 도시된 바와 같이 성능 데이터는 다양한 작동 조건에 대해 수집되었다.

표 11

비교 성능 데이터

셀 #	온도 (°C)	전압 (V)	시간 (Hrs)	초기 ESR (mOhm)	% ESR 증가	초기 커패시턴스 (F)	% 커패시턴스 감소	셀 무게 (g)	에너지 전류 (mA)
D2011-09	150	1.25	1500	30	0	93	5	-	0.5
C1041-02	150	1.5	1150	45	60	32	-	28.35	0.5
C2021-01	150	1.5	1465	33	100	32	70	26.61	0.8
D5311-01	150	1.6	150	9	10	87	4	-	5
C6221-05	150	1.75	340	15	50	-	-	38.31	1
C6221-05	150	1.75	500	15	100	-	-	38.31	2
C6221-05	150	1.75	600	15	200	-	-	38.31	2
C6221-05	150	1.75	650	15	300	-	-	38.31	2
D1043-02	150	1.75	615	43	50	100	-	-	3
D1043-02	150	1.75	700	43	100	100	-	-	3
C5071-01	150	1.75	600	26	100	27	32	-	2
C5071-01	150	1.75	690	26	200	27	35	-	2
C5071-01	150	1.75	725	26	300	27	50	-	2
C8091-06	125	1.75	500	38	5	63	11	37.9	0.5
C9021-02	125	1.75	1250	37	10	61	-	39.19	0.3
D5011-02	125	1.9	150	13	0	105	0	-	1.4
C8091-06	125	2	745	41	22	56	-	37.9	1.2
D2011-08	175	1	650	33	12	89	30	-	4
D1043-10	175	1.3	480	30	100	93	50	-	6.5
C2021-04	175	1.4	150	35	100	27	-	27.17	3.5
C4041-04	210	0.5	10	28	0	32	-	28.68	1
C4041-04	210	0.5	20	28	0	32	-	28.68	7
C4041-04	210	0.5	50	28	100	32	-	28.68	18

[0233]

표 12

비교 성능 데이터

셀 #	T (°C)	전압 (V)	시간 (Hrs)	초기 ESR (mOhm)	초기 커패시턴스 (F)	누설 전류 (mA)	체적 ESR (Ohms x cc)	체적 커패시턴스 (F/cc)	체적 누설 전류 (mA/cc)	% ESR 증가	% 커패시턴스 감소	체적 (cc)
D2011-09	150	1.25	1500	30	93	0.5	0.75	3.72	0.02	0	5	25
C2021-01	150	1.5	1465	33	32	0.75	0.396	2.67	0.06	100	5	12
C5071-01	150	1.75	600	26	27	2	0.338	2.08	0.15	100	32	13
C5071-01	150	1.75	690	26	27	2	0.338	2.08	0.15	200	35	13
C5071-01	150	1.75	725	26	27	2	0.338	2.08	0.15	300	50	13
C8091-06	125	1.75	500	38	63	0.5	0.494	4.85	0.04	5	11	13
C9021-02	125	1.75	1250	37	61	0.25	0.481	4.69	0.02	10	11	13
D2011-08	175	1	650	33	89	4	0.825	3.56	0.16	12	30	25
D1043-10	175	1.3	480	30	93	6.5	0.75	3.72	0.26	100	50	25
C4041-04	210	0.5	50	28	32	18	0.336	2.67	1.50	100	50	12

[0234]

[0235]

따라서, 표 11 및 12에서 제공하는 데이터는, 본 명세서에서의 교시가 극한 조건에서 울트라커패시터의 성능을 인에이블한다는 것을 입증한다. 그에 따라 제조된 울트라커패시터는, 예를 들면, 셀 체적의 밀리리터당 약 1mA 미만의 누설 전류, 및 500시간에서 약 100% 미만의 ESR 증가를 보인다(약 2V 미만의 전압 및 약 150°C 미만의 온도를 유지하면서). 울트라커패시터의 다양한 요구들(예를 들면, 전압 및 온도) 사이에서 트레이드-오프가 이루어질 수 있으므로, 울트라커패시터에 대한 성능 레이팅(performance ratings)이 관리될 수 있고(예를 들어, ESR, 커패시턴스에 대한 증가 레이트), 특정한 필요를 수용하도록 조정될 수 있다. 전술한 것을 참고하면, "성능 레이팅(performance ratings)"은, 작동의 조건을 설명하는 파라미터의 값에 대한 일반적인 기존의 정의로서 주어진다.

- [0236] 표 11 및 본 명세서의 다른 곳에서 제시된 바와 같은, 커패시턴스는 물론 ESR의 측정은 일반적으로 알려진 방법을 따른다는 것에 주목한다. 먼저, 커패시턴스를 측정하기 위한 기술을 고려한다.
- [0237] 커패시턴스는 다수의 방식으로 측정될 수 있다. 하나의 방법은, 알려진 전류가 울트라커패시터로부터 인출되는 동안("방전" 동안) 또는 울트라커패시터에 공급되는 동안("충전" 동안) 커패시터 단자에서 제시된 전압을 모니터링하는 것을 수반한다. 보다 구체적으로, 이상적인 커패시터가 다음의 수식에 의해 관리된다는 사실을 이용할 수 있다:
- [0238]  $I = C \cdot dV/dt$
- [0239] 여기서, I는 충전 전류를 나타내고, C는 커패시턴스를 나타내며,  $dV/dt$ 는 이상적인 커패시터 전압(V)의 시간 미분을 나타낸다. 이상적인 커패시터는, 여러 가지 중에서, 그의 내부 저항이 제로이고 그의 커패시턴스가 전압에 독립적인 것이다. 충전 전류(I)가 일정할 때, 전압(V)은 시간에 따라 선형이므로,  $dV/dt$ 는 그 라인의 기울기로서, 또는  $\Delta V/\Delta T$ 로서 계산될 수 있다. 그러나, 이러한 방법은 일반적으로 근사치이고, 커패시터의 유효 직렬 저항(ESR 강하)에 의해 제공된 전압 차이가 커패시턴스의 계산 또는 측정시에 고려되어야 한다. 유효 직렬 저항(ESR)은 일반적으로 커패시터 내에서 소산 또는 다른 효과들의 집중 엘리먼트 근사치(lumped element approximation)일 수 있다. 커패시터 동작은 종종 ESR와 동등한 저항값을 갖는 저항기와 직렬인 이상적인 커패시터를 포함하는 회로 모델로부터 도출된다. 일반적으로, 이는 실제 커패시터 동작에 대한 우수한 근사치를 산출한다.
- [0240] 커패시턴스를 측정하는 하나의 방법에서, 그 방법은 내부 저항이 실질적으로 전압에 독립적인 경우에 ESR 강하의 효과를 대체로 등한시할 수 있고, 충전 또는 방전 전류는 실질적으로 고정된다. 그 경우, ESR 강하는 상수로 근사화될 수 있고, 정전류 충전 또는 방전 동안 전압에 있어서의 변화의 계산에서 자연스럽게 감소된다. 그 다음, 전압에 있어서의 변화는 실질적으로 커패시터에 저장된 전하의 변화를 반영한다. 따라서, 전압에 있어서의 변화는, 계산을 통해, 커패시턴스의 지표로서 취해질 수 있다.
- [0241] 예를 들어, 정전류 방전 동안, 정전류(I)가 알려진다. 측정 시간 간격( $\Delta T$ ) 동안, 방전( $\Delta V$ ) 동안의 전압 변화를 측정하고, 전류 값(I)을 비율  $\Delta V/\Delta T$ 로 나누어, 커패시턴스의 근사치를 산출한다. I는 암페어로,  $\Delta V$ 는 볼트로,  $\Delta T$ 는 초로 측정될 때, 커패시턴스 결과는 패럿 단위일 것이다.
- [0242] ESR의 측정을 참조하면, 울트라커패시터의 유효 직렬 저항(ESR) 또한 다수의 방식으로 측정될 수 있다. 하나의 방법은 알려진 전류가 울트라커패시터로부터 인출되는 동안("방전" 동안) 또는 울트라커패시터에 공급되는 동안("충전" 동안) 커패시터 단자에서 제시된 전압을 모니터링하는 것을 수반한다. 보다 구체적으로, 그 방법은 ESR이 다음 수식에 의해 관리된다는 사실을 이용할 수 있다:
- [0243]  $V = I \cdot R$
- [0244] 여기서, I는 효과적으로 ESR을 통과하는 전류를 나타내고, R은 ESR의 저항값을 나타내고, V는 ESR(ESR 강하)에 의해 제공되는 전압 차이를 나타낸다. ESR은 일반적으로 울트라커패시터 내에서 소산 또는 다른 효과들의 집중 엘리먼트 근사치일 수 있다. 울트라커패시터의 동작은 종종 ESR과 동등한 저항값을 갖는 저항기와 직렬인 이상적인 커패시터를 포함하는 회로 모델로부터 도출된다. 일반적으로, 이는 실제 커패시터 동작의 우수한 근사치를 산출한다.
- [0245] ESR을 측정하는 하나의 방법에서, 그 방법은 휴식중인(상당한 전류로 충전 또는 방전되지 않는) 커패시터로부터 방전 전류를 인출하기 시작할 수 있다. 커패시터에 저장된 전하에 있어서의 변화로 인한 커패시터가 제시하는 전압에 있어서의 변화가 전압에 있어서의 측정된 변화에 비해 작은 시간 간격 동안, 전압에 있어서의 측정된 변화는 실질적으로 커패시터의 ESR의 반영이다. 이러한 조건에서, 커패시터에 의해 제시된 즉각적인 전압 변화는 ESR의, 계산을 통한, 지표로서 취해질 수 있다.
- [0246] 예를 들어, 커패시터로부터 방전 전류 인출의 개시시, 이것은 측정 간격  $\Delta T$ 에 대한 즉각적인 전압 변화  $\Delta V$ 로 제시될 수 있다. 측정 간격  $\Delta T$  동안 알려진 전류 I에 의해 방전된 커패시터 C의 커패시턴스가 측정된 전압 변화  $\Delta V$ 에 비해 작은 전압 변화를 산출하는 한, 시간 간격  $\Delta T$  동안  $\Delta V$ 를 방전 전류 I로 나누어 ESR에 대한 근사치를 산출할 수 있다. I가 암페어로  $\Delta V$ 가 볼트로 측정될 때, ESR 결과는 옴의 단위를 가질 것이다.
- [0247] ESR과 커패시턴스 둘 다 주위 온도에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 관련 측정은 사용자에게 측정 동안 울트라커패시터(10)를 관심있는 특정 주위 온도에 두도록 요구할 수 있다.

- [0248] 누설 전류에 대한 성능 요구 사항은 일반적으로 특정한 애플리케이션에서 일반적인 환경 조건에 의해 정의된다. 예를 들어, 20mℓ의 체적을 갖는 커패시터에 관해서, 누설 전류에 대한 실제 제한은 100mA 이하로 떨어질 수 있다. 본 명세서에서 언급된 바와 같이, 울트라커패시터(10)의 "체적 누설 전류"는 일반적으로 "울트라커패시터(10)의 체적으로 나눈 누설 전류를 지칭하고, 예를 들어, mA/cc의 단위로 표현될 수 있다. 마찬가지로, 울트라커패시터(10)의 "체적 커패시턴스"는 일반적으로 울트라커패시터(10)의 체적으로 나눈 울트라커패시터(10)의 커패시턴스를 지칭하고, 예를 들어, F/cc의 단위로 표현될 수 있다. 또한, 울트라커패시터(10)의 "체적 ESR"은 일반적으로 울트라커패시터(10)의 ESR와 울트라커패시터(10)의 체적을 곱한 것을 지칭하고, 예를 들어, Ohms · cc의 단위로 표현될 수 있다.
- [0249] 특정 온도에서 체적 누설 전류를 줄이기 위한 하나의 접근법은 이 온도에서 작동 전압을 감소시키는 것이라는 것에 주목한다. 특정 온도에서 체적 누설 전류를 감소시키는 또 다른 접근법은 울트라커패시터의 보이드 체적을 증가시키는 것이다. 누설 전류를 감소시키는 또 다른 접근법은 전극(3)에서 에너지 저장 매체(1)의 부하를 감소시키는 것이다.
- [0250] 울트라커패시터(10)가 특히 유용한 다양한 환경이 존재할 수 있다. 예를 들어, 자동차 애플리케이션에서, 105℃의 주위 온도가 실현될 수 있다(여기서 커패시터의 실제 수명은 약 1년 내지 20년의 범위일 것이다). 지열 웰 드릴링(geothermal well drilling)과 같은 일부 다운홀(downhole) 애플리케이션에서, 300℃ 이상의 주위 온도에 도달할 수 있다(여기서, 커패시터의 실제 수명은 약 100시간 내지 10,000 시간의 범위일 것이다).
- [0251] 커패시터에 대한 "수명"은 또한 일반적으로 특정한 애플리케이션에 의해 정의되며, 일반적으로 (주어진 애플리케이션에 적합하거나 한정적인) 또 다른 파라미터의 열화 또는 누설 전류에 있어서의 소정 비율 증가로 나타낸다. 예를 들어, 하나의 실시예에서, 자동차 애플리케이션에서 커패시터의 수명은, 누설 전류가 그의 초기(수명 초기 또는 "BOL") 값의 200%까지 증가하는 시간으로서 정의될 수 있다.
- [0252] 전해질(6)은 높은 열 안정성, 낮은 유리 전이 온도(Tg), 점도, 특정한 레오펙틴 또는 텍스토로피 속성(예컨대, 온도에 의존적인)뿐만 아니라, 높은 전도성과 같은 바람직한 속성을 보이고 넓은 온도 범위에 걸쳐 우수한 전기 성능을 보이도록 선택될 수 있다. 예로서, 전해질(6)은 높은 수준의 유동성(fluidicity)을 가질 수 있고, 대조적으로, 실질적으로 교체될 수 있어, 전극(3)의 분리가 보장된다. 따라서, 원하는 속성을 보이는 전해질(6)의 다른 실시예들이 사용될 수 있을 뿐만 아니라 이들의 임의의 조합으로 사용될 수 있다.
- [0253] "피크 전력 밀도(peak power density)"는 피크 디바이스 전압의 제곱을 디바이스의 유효 직렬 저항으로 나눈 것의 1/4이다. "에너지 밀도"는 피크 디바이스 전압의 제곱과 디바이스 커패시턴스의 곱의 1/2이다.
- [0254] 본 발명의 목적을 위해, 울트라커패시터(10)는 약 0.05cc 내지 약 7.5리터 범위의 체적(volume)을 가질 수 있다.
- [0255] 정규화된 파라미터의 공칭 값은 정규화된 파라미터(예컨대, 체적 누설 전류)를 정규화 특성(예컨대, 체적)으로 곱하거나 나눔으로써 획득될 수 있다. 예를 들어, 10mA/cc의 체적 누설 전류와 50cc의 체적을 갖는 울트라커패시터의 공칭 누설 전류는 체적 누설 전류와 체적의 곱인 500mA이다. 한편, 20mOhm · cc의 체적 ESR 및 50cc의 체적을 갖는 울트라커패시터의 공칭 ESR은 체적 ESR와 체적의 몫(quotient)인 0.4mOhm이다.
- [0256] 특정한 울트라커패시터(10)의 체적은, 그들이 전기적으로 병렬 또는 직렬이 되도록 하나의 하우징(7) 내에 여러 개의 저장 셀을 조합(예컨대, 여러 개의 젤리 물을 함께 용접)함으로써 확장될 수 있다.
- [0257] 상대적으로 작은 체적을 보이는 울트라커패시터(10)의 실시예는 각기둥 폼 팩터(prismatic form factor)로 제조될 수 있어, 울트라커패시터(10)의 전극(3)은 서로 대향하는데, 적어도 하나의 전극(3)은 유리-금속 셀에 대해 내부 콘택트를 갖고, 다른 것은 하우징 또는 유리-금속 셀에 대해 내부 콘택트를 갖는다.
- [0258] 본 명세서에서의 교시는 단순히 예시적인 것으로 본 발명에 대한 제한이 아니라는 것을 인식해야 한다. 또한, 당업자는 본 발명의 범위 내에 있으면서 추가적인 컴포넌트, 구성 및 배치 등이 실현될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 예를 들어, 층, 전극, 리드, 단자, 콘택트, 피드-스루, 캡 등의 구성은 본 명세서에 개시된 실시예들과 다를 수 있다. 일반적으로, 전극을 이용하는 울트라커패시터 및 울트라커패시터들의 컴포넌트들의 설계 및/또는 애플리케이션은 시스템 설계자, 제조자, 오퍼레이터 및/또는 사용자의 필요 및 임의의 특정한 상황에서 제시된 요구에 의해서만 제한된다.
- [0259] 또한, 본 명세서에서의 교시의 측면을 제공하기 위해 다양한 다른 컴포넌트가 포함 및 호출될 수 있다. 예를 들어, 추가적인 재료는, 재료의 조합 및/또는 재료의 생략이 사용되어 본 명세서에서의 교시의 범위 내에 있는

추가된 실시예를 위해 제공될 수 있다. 본 명세서에서 논의된 바와 같이, "적용", "구성", "구축" 등과 같은 용어는 본 명세서에 개시된 임의의 기술의 애플리케이션뿐만 아니라 다른 유사 기술(현재 알려졌거나 나중에 고안될 수 있는)을 수반하여 의도된 결과를 제공하는 것으로 간주될 수 있다.

[0260] 본 발명의 엘리먼트들 또는 그의 실시예(들)를 소개할 때, 관사 "한(a, an)" 및 "그(the)"는 하나 이상의 엘리먼트가 있다는 것을 의미하도록 의도된다. 유사하게, 엘리먼트를 소개할 하는데 사용되는 경우에 형용사 "또 다른"은 하나 이상의 엘리먼트를 의미하도록 의도된다. "포함하는", "갖는다" 및 "갖는" 이라는 용어는 리스트된 엘리먼트 이외의 추가적인 엘리먼트가 존재할 수 있도록 포함적인 것으로 의도된다.

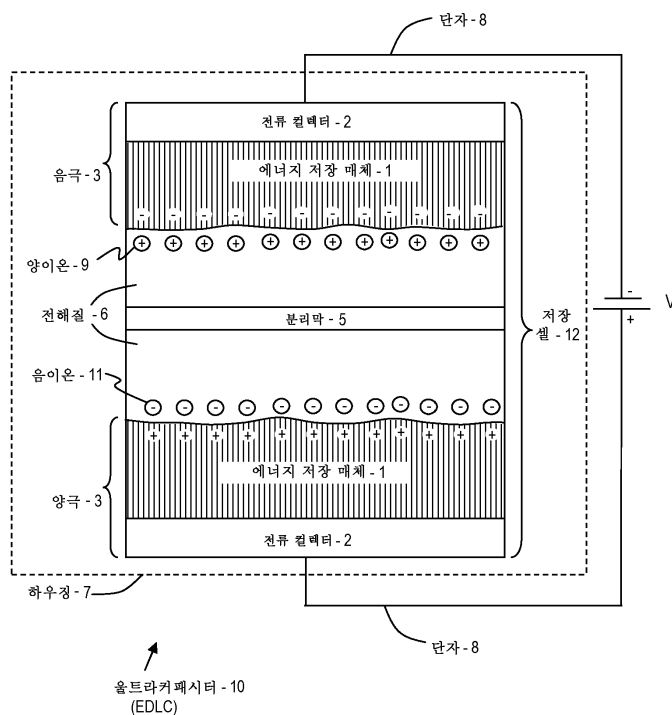
[0261] 본 출원에서, 컴포넌트(예컨대, 전극 재료, 전해질 등), 조건(예컨대, 온도, 다양한 수준의 다양한 불순물로부터의 자유도), 및 성능 특성(예컨대, 초기 용량과 비교할 때 사이클링 후 용량, 낮은 누설 전류 등)을 포함하지만 이로 제한되지 않는 다양한 변수가 설명된다. 이러한 변수들의 임의의 조합은 본 발명의 실시예를 정의할 수 있음을 이해해야 한다. 예를 들어, 특정한 값의 사이클링 후의 용량 및 누설 전류로 동작하는, 특정한 온도 범위 하에서 특정한 양보다 적은 불순물을 갖는, 특정한 전해질과 특정한 전극 재료의 조합 - 이러한 변수들은 가능한 것들로서 포함되지만 특정 조합이 명백히 진술되지 않을 수 있음 - 은 본 발명의 실시예이다. 아티클, 컴포넌트, 조건 및/또는 방법의 다른 조합은 또한 특히 당업자에게 명백한 다른 실시예를 정의하기 위해 본 명세서에 리스트된 변수들 중에서 선택될 수 있다.

[0262] 다양한 컴포넌트나 기술이 소정의 필요하거나 유리한 기능성 또는 특징을 제공할 수 있다는 것을 인식할 것이다. 따라서, 첨부된 청구항들 및 이들의 변형의 지원에 필요할 수 있는 이러한 기능들 및 특징들은 본 명세서에서의 교시의 일부 및 개시된 본 발명의 일부로서 본질적으로 포함되는 것으로 인식된다.

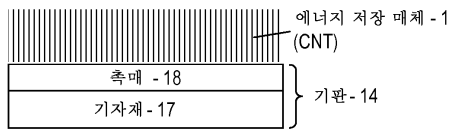
[0263] 본 발명은 예시적인 실시예를 참조하여 설명되었지만, 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다양한 변경이 이루어질 수 있고 균등물이 그의 엘리먼트들을 대체할 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 본질적인 범위를 벗어나지 않고 본 발명의 교시에 특정한 인스트루먼트, 상황 또는 재료를 적용시키는 많은 수정이 이해될 것이다. 따라서, 본 발명은 본 발명을 수행하기 위해 고려된 초선의 모드로 개시된 특정한 실시예로 제한되지 않지만 본 명세서에 첨부된 청구항들에 의해 해석되어야 하는 것으로 의도된다.

**도면**

**도면1**



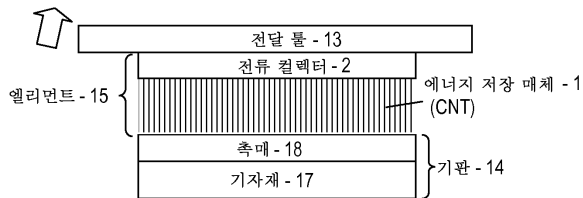
도면2



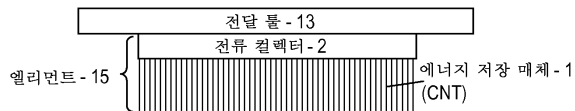
도면3



도면4



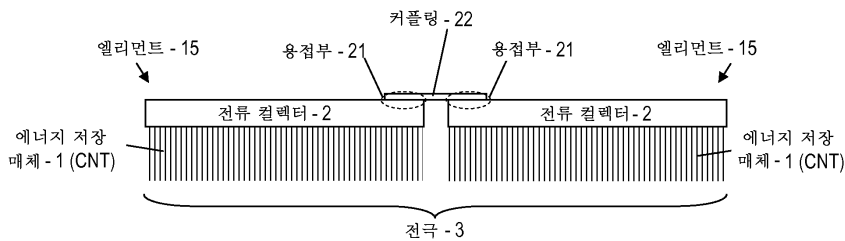
도면5



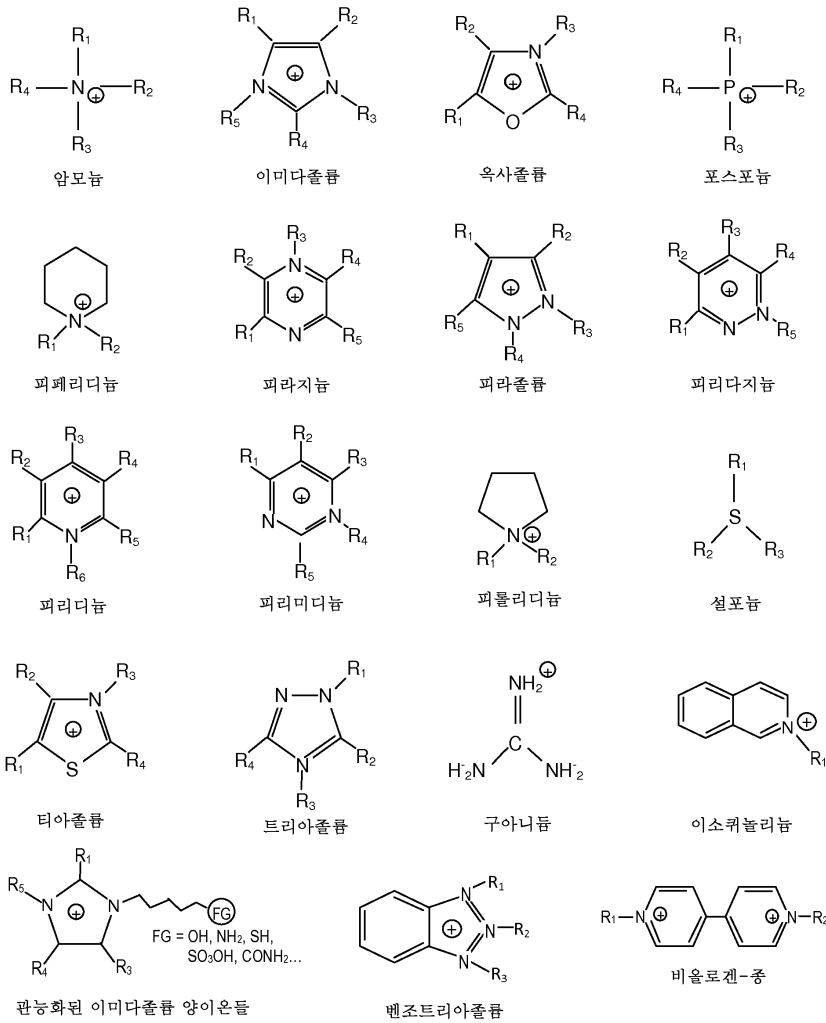
도면6



도면7

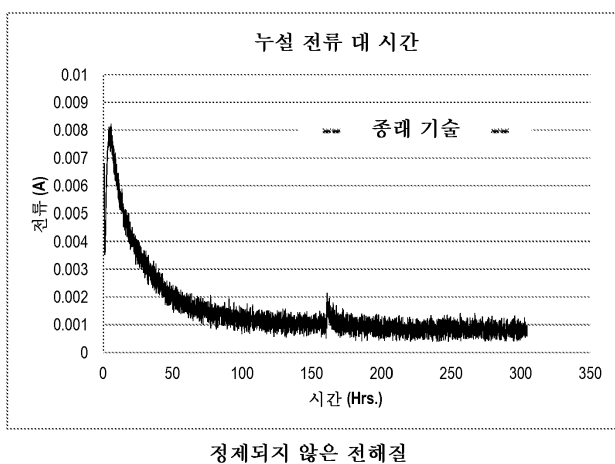


도면8

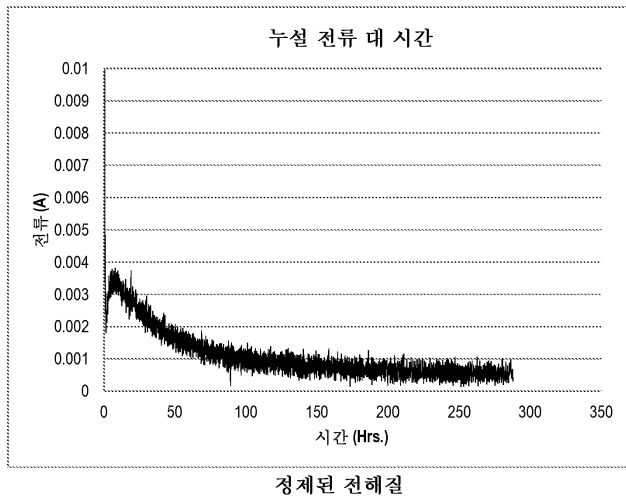


양이온들의 주요 구조들

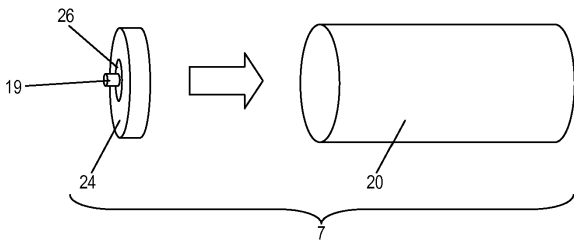
도면9



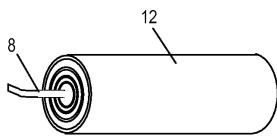
도면10



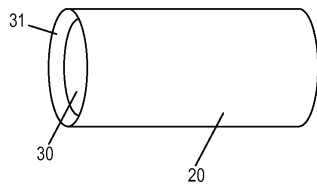
도면11



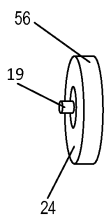
도면12



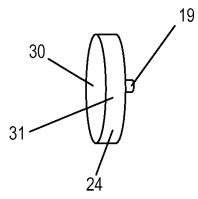
도면13



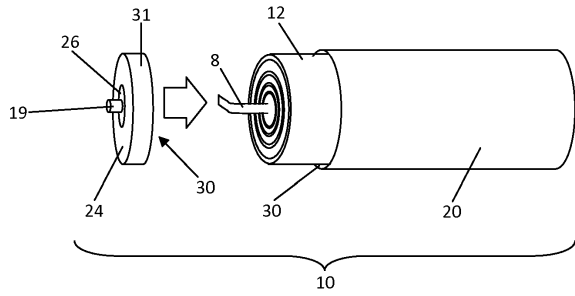
도면14a



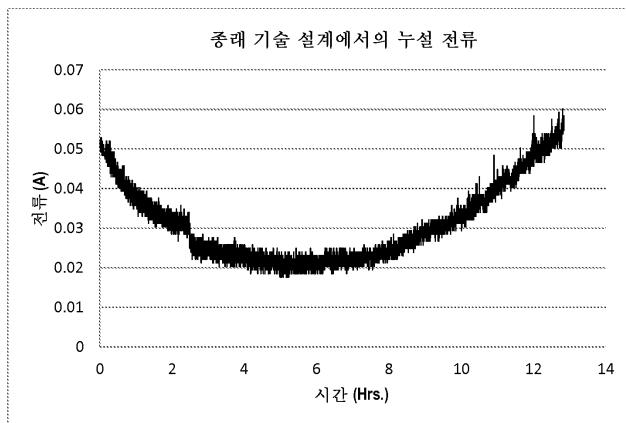
도면14b



도면15

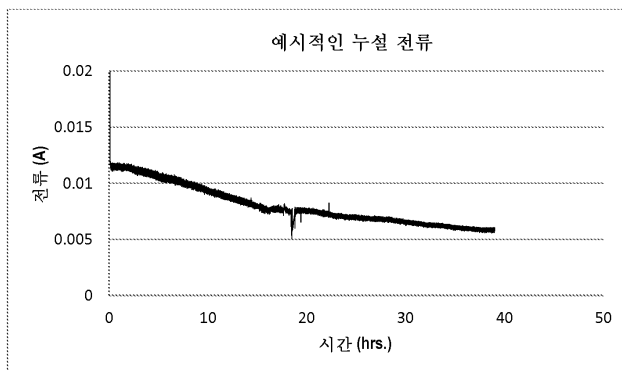


도면16a



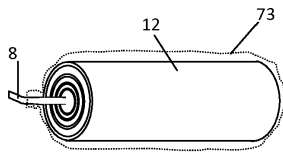
노출된 내부 표면들을 갖는 하우징

도면16b

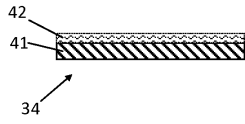


내부 표면들에 대한 배리어를 갖는 하우징

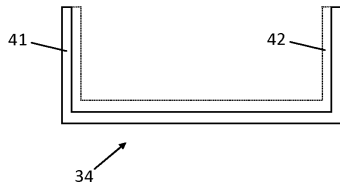
도면17



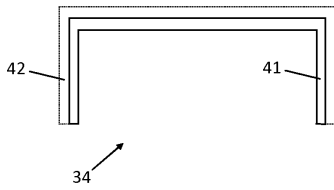
도면18a



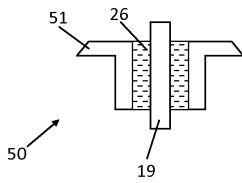
도면18b



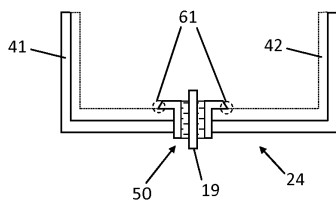
도면18c



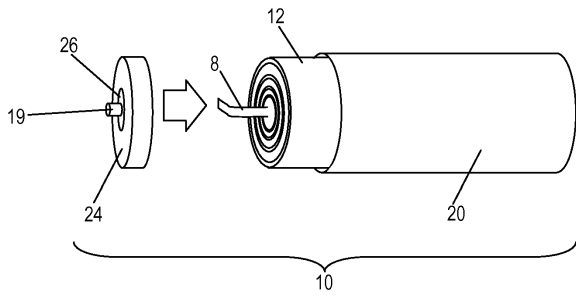
도면19



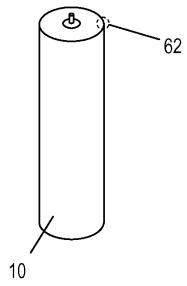
도면20



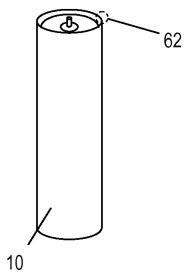
도면21



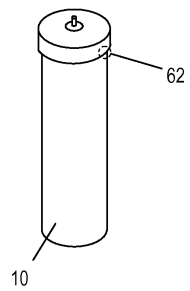
도면22a



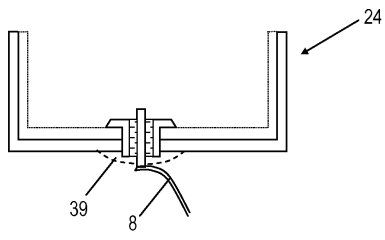
도면22b



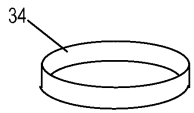
도면22c



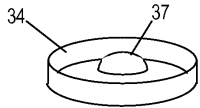
도면23



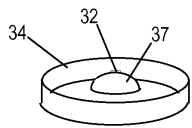
도면24a



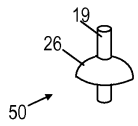
도면24b



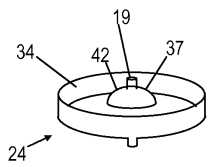
도면24c



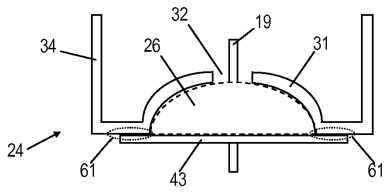
도면25



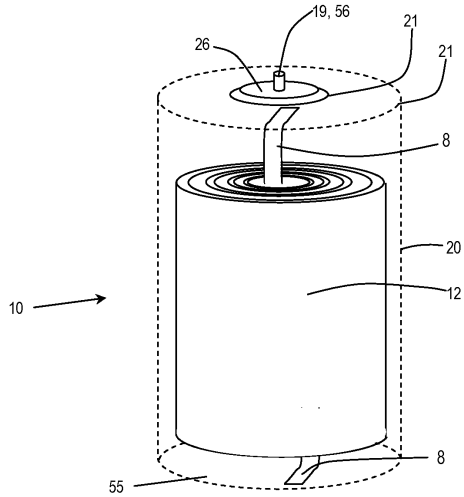
도면26



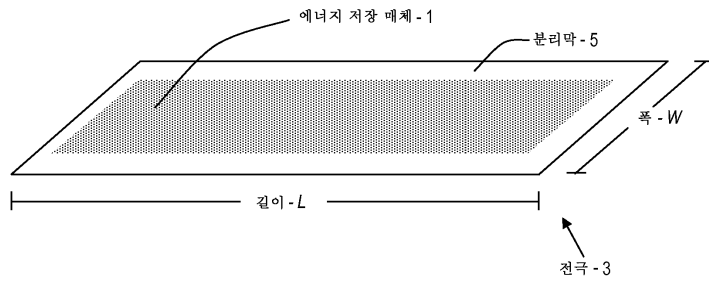
도면27



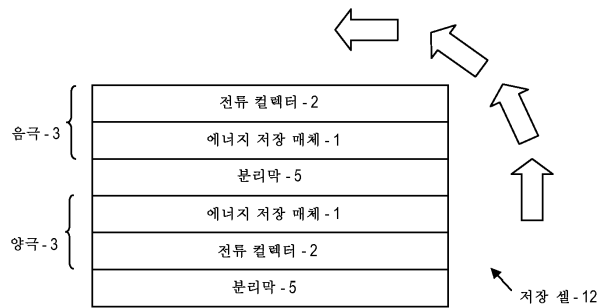
도면28



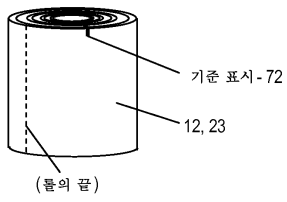
도면29



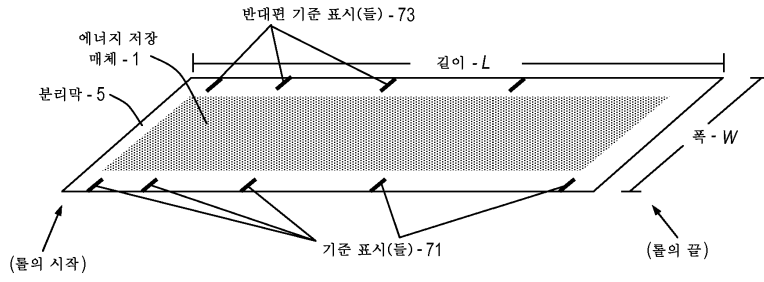
도면30



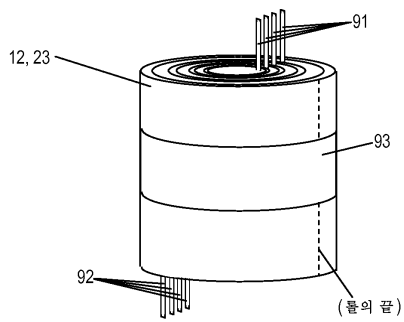
도면31



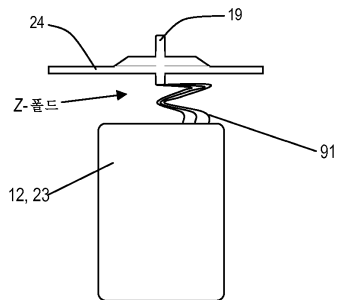
도면32



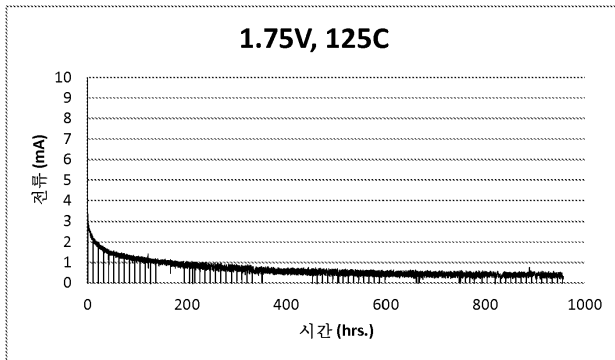
도면33



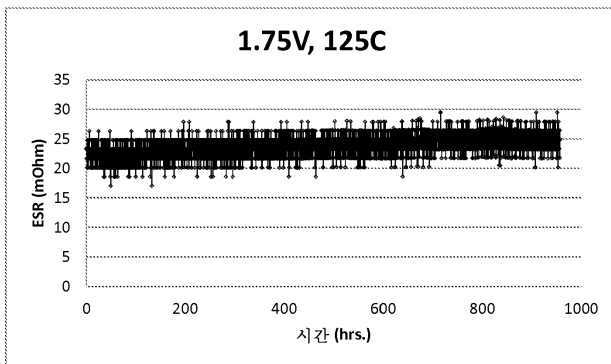
도면34



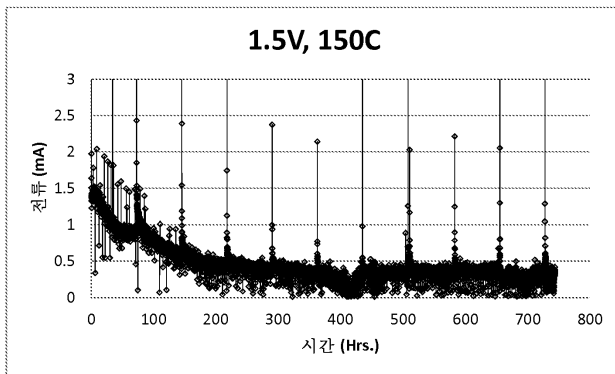
도면35



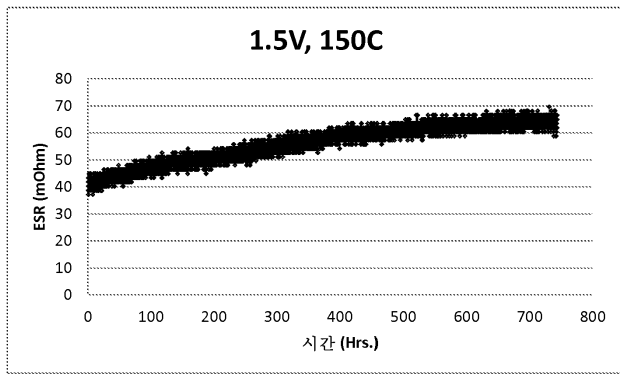
도면36



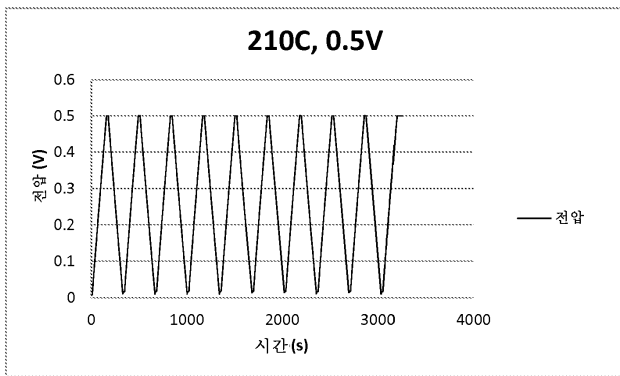
도면37



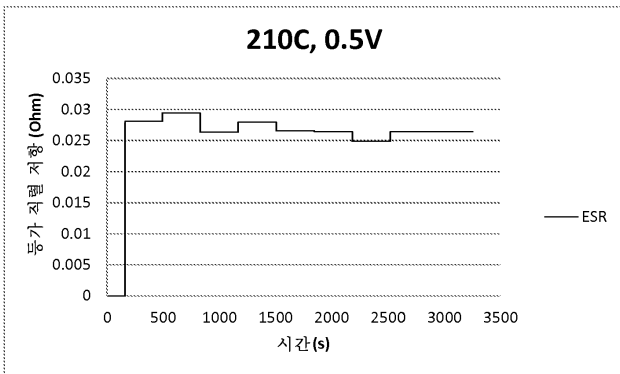
도면38



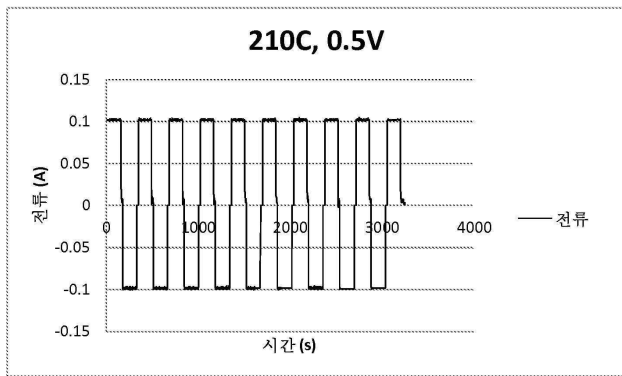
도면39



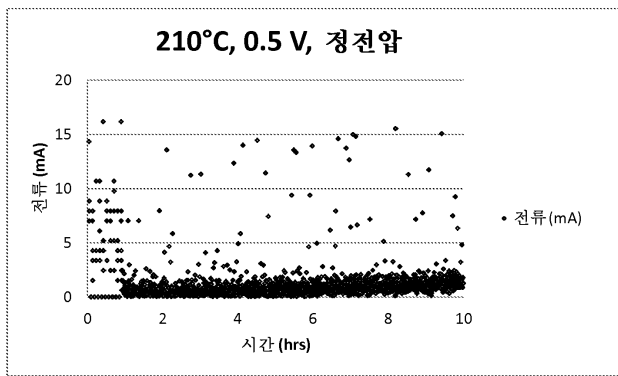
도면40



도면41



도면42



도면43

