



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0005117  
(43) 공개일자 2017년01월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01M 10/653* (2014.01) *A61C 3/16* (2006.01)  
*C09K 5/18* (2006.01) *H01M 10/0525* (2010.01)  
*H01M 10/0587* (2010.01) *H01M 10/42* (2014.01)  
*H01M 10/658* (2014.01) *H01M 2/02* (2015.01)  
*H01M 2/10* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01M 10/653* (2015.04)  
*A61C 3/16* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7035593
- (22) 출원일자(국제) 2015년05월21일  
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2016년12월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/031948
- (87) 국제공개번호 WO 2015/179625  
 국제공개일자 2015년11월26일
- (30) 우선권주장  
 61/997,082 2014년05월21일 미국(US)  
 (뒷면에 계속)

- (71) 출원인  
**카덴차 이노베이션, 인크**  
 미국 코네티컷 06897 윌튼 밀스톤 로드 286
- (72) 발명자  
**오너루드, 토드 퍼 젠스**  
 미국 코네티컷 06897 윌튼 밀스톤 로드 286
- 시, 제이, 지에**  
 미국 메사추세츠 01720 액톤 메인 스트리트 742  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
**인비전 특허법인**

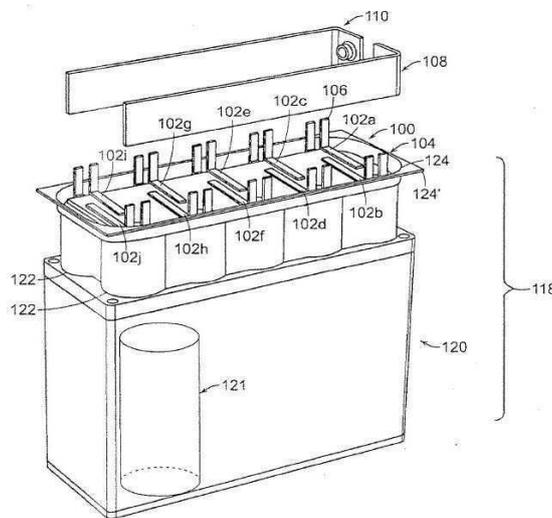
전체 청구항 수 : 총 303 항

(54) 발명의 명칭 **열 폭주 보호물이 있는 리튬 이온 배터리**

**(57) 요약**

배터리의 안전성 및 안정성에 기여하는 유리한 흡열 기능성을 제공하는 재료를 포함하는 리튬 이온 배터리가 제공된다. 이러한 흡열 재료는 무기 기체를 발생시키는 흡열 재료를 포함하는 세라믹 매트릭스를 포함할 수 있다. 리튬 이온 배터리의 온도가 미리 결정된 수준을 초과하여 상승되면, 흡열 재료는 열 폭주의 가능성을 예방 및/또는 최소화하기 위하여 하나 이상의 기능, 예컨대, 단열(특히 고온에서의); (ii) 에너지 흡수; (iii) 흡열 재료와 관련된 흡열 반응(들)로부터, 전체적으로 또는 부분적으로, 생성된 기체의 배출, (iv) 배터리 구조물 내부의 전체 압력 높이기; (v) 흡열 재료와 관련된 흡열 반응(들) 중에 생성된 기체의 배출을 통한 배터리 시스템으로부터 흡수된 열의 제거 및/또는 (vi) (만일 존재 시) 유독한 기체의 회색 및 그것들의 배터리 시스템으로부터의 안전한 배출을 제공하는 역할을 한다.

**대표도** - 도1a



(52) CPC특허분류

*C09K 5/18* (2013.01)  
*H01M 10/0525* (2013.01)  
*H01M 10/0587* (2013.01)  
*H01M 10/4235* (2013.01)  
*H01M 10/658* (2015.04)  
*H01M 2/0267* (2013.01)  
*H01M 2/1094* (2013.01)  
*H01M 2200/10* (2013.01)  
*Y02E 60/122* (2013.01)

(72) 발명자

**보워삭, 리키, 에드워드**

미국 조지아 30907 오거스타 크레인 페리 로드  
3221

**게이맨, 게리, 유진**

미국 조지아 30906 오거스타 롱리프 레인 3017

**스트리트, 제이슨, 피터**

미국 조지아 30907 오거스타 보드 헤드 로드 2716

(30) 우선권주장

62/107,630 2015년01월26일 미국(US)

62/107,845 2015년01월26일 미국(US)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

복수의 공동을 한정하는 지지 부재;

복수의 공동 중 상응하는 하나의 공동 내에 배치된, 복수의 리튬 이온 코어 부재; 및  
리튬 이온 코어 부재들 중 하나 이상에 근접하여 위치된, 하나 이상의 흡열 재료를 포함하는, 다중 코어 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

지지 부재는 운동 에너지 흡수 재료를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

운동 에너지 흡수 재료는 알루미늄 폼, 세라믹, 세라믹 섬유 및 플라스틱 중 하나로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상응하는 하나의 리튬 이온 코어 부재 및 상응하는 하나의 공동의 표면 사이에 각각 위치된 복수의 공동 라이너를 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 공동 라이너는 플라스틱 또는 알루미늄 재료로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

복수의 공동 라이너는 단일체형 라이너 부재의 일부로서 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

코어의 각각의 내부에 수용된 전해질을 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

전해질은 내연제, 가스 발생제 및 산화환원 서플 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

각각의 리튬 이온 코어 부재는 애노드, 캐소드 및 각각의 애노드와 캐소드 사이에 배치된 세퍼레이터를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치된 밀봉된 외장 및, 상기 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하는 상기 밀봉된 외장 내의 전기 커넥터를 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 상기 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 상기 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 11**

제10항에 있어서,

코어 부재는 병렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 12**

제10항에 있어서,

코어 부재는 직렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 13**

제10항에 있어서,

코어 부재의 제1 세트는 병렬로 연결되고 코어 부재의 제2 세트는 병렬로 연결되며, 코어 부재의 제1 세트는 코어 부재의 제2 세트와 직렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 14**

제1항에 있어서,

지지 부재는 별집 구조물의 형태인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 15**

제2항에 있어서,

운동 에너지 흡수 재료는 압축가능 매체를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치된 밀봉된 외장을 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 밀봉된 외장은 압축가능 요소를 가지는 벽을 포함하고, 그러한 압축가능 요소는, 벽에 충격을 가하는 힘으로 인해서 압축될 때, 리튬 이온 배터리의 전기적 단락 회로를 생성하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 17**

제1항에 있어서,

지지 부재 내의 공동 및 공동의 상응하는 코어 부재는 원통형 형상, 장방형 형상 및 각형 형상 중 하나인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

공동 중 적어도 하나 및 공동의 상응하는 코어 부재는 다른 공동 및 다른 공동의 상응하는 코어 부재와 상이한

형상을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 19**

제1항에 있어서,

코어 부재 중 적어도 하나는 큰 파워 특징을 가지고 있고, 코어 부재 중 적어도 하나는 큰 에너지 특징을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 20**

제8항에 있어서,

코어 부재들의 애노드들은 동일한 재료로 형성되고, 코어 부재들의 캐소드들은 동일한 재료로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 21**

제8항에 있어서,

각각의 세퍼레이터 부재는 세라믹 코팅을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 22**

제8항에 있어서,

각각의 애노드 및 각각의 캐소드는 세라믹 코팅을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 23**

제8항에 있어서,

코어 재료의 적어도 하나는, 다른 코어 부재의 애노드 및 캐소드의 두께와 상이한 두께의 애노드 및 캐소드 중 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 24**

제8항에 있어서,

적어도 하나의 캐소드는 화합물 A 내지 M 그룹의 재료로부터 적어도 2개를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 25**

제8항에 있어서,

각각의 캐소드는 표면 개질제를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 26**

제8항에 있어서,

각각의 애노드는 Li 금속을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 27**

제8항에 있어서,

각각의 애노드는 탄소 및 그래파이트 중 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 28**

제8항에 있어서,

각각의 애노드는 Si를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 29**

제8항에 있어서,  
 각각의 코어 부재는 압연된 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 30**

제8항에 있어서,  
 각각의 코어 부재는 적층형 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 31**

제1항에 있어서,  
 코어 부재들은 실질적으로 동일한 전기적 용량을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 32**

제1항에 있어서,  
 적어도 하나의 코어 부재는 다른 코어 부재와 상이한 전기적 용량을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 33**

제1항에 있어서,  
 적어도 하나의 코어 부재는 파워 저장을 위해서 최적화되고, 적어도 하나의 코어 부재는 에너지 저장을 위해서 최적화되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 34**

제10항에 있어서,  
 각각의 애노드를 제1 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭 및 각각의 캐소드를 제2 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭을 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 각각의 탭은, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 각각의 상기 탭을 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 35**

제10항에 있어서,  
 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 퓨즈 요소를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위해서, 제1 모선은 제 1 모선에 대한 애노드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함하고, 제2 모선은 제2 모선에 대한 캐소드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 36**

제1항에 있어서,  
 코어 부재 각각을 둘러싸는 보호용 슬리브를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 37**

제36항에 있어서,  
 각각의 보호용 슬리브가, 상응하는 코어 부재를 수용하는 공동의 외부에 배치되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 38**

제1항 및 제13항 중 어느 한 항에 있어서,  
 코어 부재의 전기적 모니터링 및 밸런싱을 가능하게 하도록 구성된, 상기 코어 부재와 전기적으로 상호 연결된

감지 와이어를 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 39**

제1항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치된 밀봉된 외장을 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 밀봉된 외장은 난연성 부재를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 40**

제39항에 있어서,

난연성 부재는 외장의 외측부에 부착된 난연성 메쉬 재료를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 41**

제1항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 42**

제41항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 무기 기체를 발생시키는 흡열 재료인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 43**

제1항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 인접한 하나 이상의 리튬 이온 코어 부재들과 관련된 상한(upper) 정상 작동 온도 이상에서 단열성을 제공할 수 있는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 44**

제43항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 상한 정상 작동 온도와 더 높은 임계 온도(이보다 온도가 높으면, 리튬 이온 코어 부재가 열 폭주를 잘 일으킬 수 있다) 사이에서, 하나 이상의 흡열 반응들을 겪도록 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 45**

제1항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나와 관련된 흡열 반응은 기체의 생성을 초래하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 46**

제45항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되며, 이때, 세라믹 매트릭스는 상기 기체가 배출되는 것을 허용하여 세라믹 매트릭스로부터 열을 제거하기에 충분한 다공성을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 47**

제41항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:19 내지 9:1 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 48**

제47항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:9 내지 6:4 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 49**

제41항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 무기 섬유, 무기 미립자 물질 및 결합제를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 50**

제49항에 있어서,

무기 미립자 물질은 혼중 세라믹, 불투명체 및 이의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 51**

제41항에 있어서,

세라믹 혼합물은 건식 가압 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 52**

제41항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 (i) 섬유 성분들을 포함하는 모재를 형성하는 것, 및 (ii) 하나 이상의 흡열 재료와 모재의 침지에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 53**

제41항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 진공 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 54**

제41항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 주조 가능한 조성물의 형태인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 55**

제41항에 있어서,

세라믹 혼합물은 중량%로

세라믹 산화물 분말 0~60 중량%

불투명체 0~30 중량%

흡열 재료 10~90 중량%

건조 결합제 0~10 중량%

액체 결합제 0~60 중량%

섬유 0~60%

를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 56**

제41항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 흡열 재료의 구배를 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 57**

제41항에 있어서,

세라믹 매트릭스는, 세라믹 매트릭스 내의 적어도 하나의 영역과 비교하여, 더 높은 농도의 하나 이상의 흡열 재료를 가지는 표면 영역을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 58**

제1항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는, 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 적어도 하나의 흡을 한정하는 성형체(a shaped body)로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 59**

제58항에 있어서,

성형체는, 각각이 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 복수의 흡들을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 60**

제1항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는

광물	화학식	대략적인 분해 개시(°C)
네스퀘호나이트	$MgCO_3 \cdot 3H_2O$	70~100
석고	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	60~130
인산마그네슘 팔수화물	$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	140~150
수산화알루미늄	$Al(OH)_3$	180~200
히드로마그네사이트	$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$	220~240
도소나이트	$NaAl(OH)_2CO_3$	240~260
수산화마그네슘	$Mg(OH)_2$	300~320
탄산마그네슘 서브하이드레이트(subhydrate)	$MgO \cdot CO_2(0.96)H_2O(0.3)$	340~350
베마이트	$AlO(OH)$	340~350
수산화칼슘	$Ca(OH)_2$	430~450

으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것으로서, 이때, "대략적인 분해 개시"는 흡열 재료의 흡열 반응이 시작 될 것으로 예상되는 온도인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 61**

제60항에 있어서,

흡열 재료군은 중탄산나트륨을 더 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 62**

제1항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 흡열 반응의 개시를 위한 제1의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제1 흡열 재료 및 흡열 반응의 개시를 위한 제2의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제2 흡열 재료를 포함하고, 이때, 제1

의 대략적인 개시 온도는 제2의 대략적인 개시 온도와 상이한 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 63**

제1항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치한 밀봉된 외장 및 밀봉된 외장과 관련된 적어도 하나의 환기부를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 64**

제63항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 미리 결정된 한계 압력 수준을 초과하는 밀봉된 외장 내 압력에 반응하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 65**

제64항에 있어서,

적어도 하나의 환기부에 인접한 화염 방지장치를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 66**

제64항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 부분적으로는 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응을 기초로 하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 67**

제66항에 있어서,

구동된 환기부를 통해 방출되는 기체들은 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 68**

제67항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는, 그것이 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 열을 전달하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 69**

제67항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는 무독성이며, 무독성 기체는, 무독성 기체가 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 생성되어 배출되는 하나 이상의 유독한 기체들을 희석시키는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 70**

제64항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 15 psi 내지 200 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 71**

제64항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 30 psi 내지 170 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 72**

제64항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 60 psi 내지 140 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 73**

제1항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 하이드록실 성분, 함수 성분, 적어도 하나의 탄산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 적어도 하나의 황산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 비 함수 탄산염, 비 함수 황산염, 비 함수 인산염 및 이의 조합을 포함하는 재료들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 74**

복수의 공동을 포함하며 운동 에너지 흡수 재료를 포함하는 지지 부재;

복수의 공동 중 상응하는 하나의 공동 내에 배치된, 복수의 리튬 이온 코어 부재; 및

리튬 이온 코어 부재 중 하나 이상에 인접하여 위치된, 하나 이상의 흡열 재료를 포함하는, 다중 코어 리튬 이온 배터리.

**청구항 75**

제74항에 있어서,

복수의 공동 라이너를 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 각각의 공동 라이너는 상응하는 하나의 리튬 이온 코어 부재와, 상응하는 하나의 공동의 표면 사이에 배치되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 76**

제75항에 있어서,

공동 라이너는 플라스틱 또는 알루미늄 재료로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 77**

제76항에 있어서,

복수의 공동 라이너는 단일체형 라이너 부재의 일부로서 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 78**

제74항에 있어서,

운동 에너지 흡수 재료는 알루미늄 폼, 세라믹 및 플라스틱 중 하나로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 79**

제74항에 있어서,

코어의 각각의 내부에 수용된 전해질을 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 80**

제79항에 있어서,

전해질은 내연제, 가스 발생제 및 산화환원 서플 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 81**

제74항에 있어서,

각각의 리튬 이온 코어 부재는 애노드, 캐소드 및 각각의 애노드와 캐소드 사이에 배치된 세퍼레이터를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 82**

제81항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치된 밀봉된 외장 및, 상기 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하는 상기 밀봉된 외장 내의 전기 커넥터를 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 83**

제82항에 있어서,

상기 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 상기 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 상기 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 84**

제82항에 있어서,

코어 부재는 병렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 85**

제82항에 있어서,

코어 부재는 직렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 86**

제82항에 있어서,

코어 부재의 제1 세트는 병렬로 연결되고 코어 부재의 제2 세트는 병렬로 연결되며, 코어 부재의 제1 세트는 코어 부재의 제2 세트와 직렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 87**

제74항에 있어서,

지지 부재는 별집 구조물의 형태인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 88**

제74항에 있어서,

운동 에너지 흡수 재료는 압축가능 매체를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 89**

제74항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치된 밀봉된 외장을 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 외장은 압축가능 요소를 가지는 벽을 포함하고, 그러한 압축가능 요소는, 벽에 충격을 가하는 힘으로 인해서 압축될 때, 리튬 이온 배터리의 전기적 단락 회로를 생성하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 90**

제74항에 있어서,

지지 부재 내의 공동 및 공동의 상응하는 코어 부재는 원통형 형상, 장방형 형상 및 각형 형상 중 하나인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 91**

제90항에 있어서,

공동 중 적어도 하나 및 공동의 상응하는 코어 부재는 다른 공동 및 다른 공동의 상응하는 코어 부재와 상이한 형상을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 92**

제74항에 있어서,

코어 부재 중 적어도 하나는 큰 파워 특징을 가지고 있고, 코어 부재 중 적어도 하나는 큰 에너지 특징을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 93**

제81항에 있어서,

코어 부재들의 애노드들은 동일한 재료로 형성되고, 코어 부재들의 캐소드들은 동일한 재료로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 94**

제81항에 있어서,

각각의 세퍼레이터 부재는 세라믹 코팅을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 95**

제81항에 있어서,

각각의 애노드 및 각각의 캐소드는 세라믹 코팅을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 96**

제81항에 있어서,

코어 재료의 적어도 하나는, 다른 코어 부재의 애노드 및 캐소드의 두께와 상이한 두께의 애노드 및 캐소드 중 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 97**

제81항에 있어서,

적어도 하나의 캐소드는 화합물 A 내지 M 그룹의 재료로부터 적어도 2개를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 98**

제81항에 있어서,

각각의 캐소드는 표면 개질제를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 99**

제81항에 있어서,

각각의 애노드는 Li 금속을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 100**

제81항에 있어서,

각각의 애노드는 탄소 및 그래파이트 중 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 101**

제81항에 있어서,

각각의 애노드는 Si를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 102**

제81항에 있어서,  
 각각의 코어 부재는 압연된 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 103**

제81항에 있어서,  
 각각의 코어 부재는 적층형 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 104**

제74항에 있어서,  
 코어 부재들은 실질적으로 동일한 전기적 용량을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 105**

제74항에 있어서,  
 적어도 하나의 코어 부재는 다른 코어 부재와 상이한 전기적 용량을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 106**

제74항에 있어서,  
 적어도 하나의 코어 부재는 파워 저장을 위해서 최적화되고, 적어도 하나의 코어 부재는 에너지 저장을 위해서 최적화되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 107**

제83항에 있어서,  
 각각의 애노드를 제1 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭 및 각각의 캐소드를 제2 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭을 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 각각의 탭은, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 각각의 상기 탭을 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 108**

제83항에 있어서,  
 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 퓨즈 요소를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위해서, 제1 모선은 제1 모선에 대한 애노드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함하고, 제2 모선은 제2 모선에 대한 캐소드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 109**

제74항에 있어서,  
 코어 부재 각각을 둘러싸는 보호용 슬리브를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 110**

제109항에 있어서,  
 각각의 보호용 슬리브가, 상응하는 코어 부재를 수용하는 공동의 외부에 배치되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 111**

제74항 또는 제86항에 있어서,  
 코어 부재의 전기적 모니터링 및 균형을 가능하게 하도록 구성된, 상기 코어 부재와 전기적으로 상호 연결된 감

지 와이어를 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 112**

제74항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치한 밀봉된 외장을 더 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 밀봉된 외장은 난연성 부재를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 113**

제112항에 있어서,

난연성 부재는 외장의 외측부에 부착된 난연성 메쉬 재료를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 114**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 115**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 무기 기체를 발생시키는 흡열 재료인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 116**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 인접한 하나 이상의 리튬 이온 코어 부재들과 관련된 상한 정상 작동 온도 이상에서 단열성을 제공할 수 있는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 117**

제116항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 상한 정상 작동 온도와 더 높은 임계 온도(이보다 온도가 높으면, 리튬 이온 코어 부재가 열 폭주를 잘 일으킬 수 있다) 사이에서, 하나 이상의 흡열 반응들을 겪도록 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 118**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나와 관련된 흡열 반응은 기체의 생성을 초래하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 119**

제118항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되며, 이때, 세라믹 매트릭스는 상기 기체가 배출되는 것을 허용하여 세라믹 매트릭스로부터 열을 제거하기에 충분한 다공성을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 120**

제114항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:19 내지 9:1 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 121**

제120항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:9 내지 6:4 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 122**

제114항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 무기 섬유, 무기 미립자 물질 및 결합제를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 123**

제122항에 있어서,

무기 미립자 물질은 혼중 세라믹, 불투명체 및 이의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 124**

제114항에 있어서,

세라믹 혼합물은 진식 가압 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 125**

제114항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 (i) 섬유 성분들을 포함하는 모재를 형성하는 것, 및 (ii) 하나 이상의 흡열 재료와 모재의 침지에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 126**

제114항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 진공 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 127**

제74항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 주조 가능한 조성물의 형태인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 128**

제114항에 있어서,

세라믹 혼합물은 중량%로

세라믹 산화물 분말 0~60 중량%

불투명체 0~30 중량%

흡열 재료 10~90 중량%

건조 결합제 0~10 중량%

액체 결합제 0~60 중량%

섬유 0~60%

를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 129**

제114항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 흡열 재료의 구배를 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 130**

제114항에 있어서,

세라믹 매트릭스는, 세라믹 매트릭스 내의 적어도 하나의 영역과 비교하여, 더 높은 농도의 하나 이상의 흡열 재료를 가지는 표면 영역을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 131**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는, 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 적어도 하나의 흡을 한정하는 성형체로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 132**

제131항에 있어서,

성형체는, 각각이 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 복수의 흡들을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 133**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는

광물	화학식	대략적인 분해 개시(℃)
네스퀘호나이트	$MgCO_3 \cdot 3H_2O$	70~100
석고	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	60~130
인산마그네슘 팔수화물	$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	140~150
수산화알루미늄	$Al(OH)_3$	180~200
히드로마그네사이트	$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$	220~240
도소나이트	$NaAl(OH)_2CO_3$	240~260
수산화마그네슘	$Mg(OH)_2$	300~320
탄산마그네슘 서브하이드레이트	$MgO \cdot CO_2(0.96)H_2O(0.3)$	340~350
베마이트	$AlO(OH)$	340~350
수산화칼슘	$Ca(OH)_2$	430~450

으로 이루어지는 균으로부터 선택되는 것으로서, 이때, "대략적인 분해 개시"는 흡열 재료의 흡열 반응이 시작될 것으로 예상되는 온도인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 134**

제133항에 있어서,

흡열 재료군은 중탄산나트륨을 더 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 135**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 흡열 반응의 개시를 위한 제1의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제1 흡열 재료 및 흡열 반응의 개시를 위한 제2의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제2 흡열 재료를 포함하고, 이때, 제1

의 대략적인 개시 온도는 제2의 대략적인 개시 온도와 상이한 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 136**

제74항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치한 밀봉된 외장 및 밀봉된 외장과 관련된 적어도 하나의 환기부를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 137**

제136항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 미리 결정된 한계 압력 수준을 초과하는 밀봉된 외장 내 압력에 반응하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 138**

제137항에 있어서,

적어도 하나의 환기부에 인접한 화염 방지장치를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 139**

제137항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 부분적으로는 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응을 기초로 하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 140**

제139항에 있어서,

구동된 환기부를 통해 방출되는 기체들은 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 141**

제139항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는, 그것이 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 열을 전달하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 142**

제139항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는 무독성이며, 무독성 기체는, 무독성 기체가 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 생성되어 배출되는 하나 이상의 유독한 기체들을 희석시키는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 143**

제137항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 15 psi 내지 200 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 144**

제137항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 30 psi 내지 170 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 145**

제137항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 60 psi 내지 140 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 146**

제74항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 하이드록실 성분, 함수 성분, 적어도 하나의 탄산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 적어도 하나의 황산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 비 함수 탄산염, 비 함수 황산염, 비 함수 인산염 및 이의 조합을 포함하는 재료들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 147**

내부에 리튬 이온 셀 영역 및 공유형 대기 영역을 포함하는, 밀봉된 외장;

밀봉된 외장의 리튬 이온 셀 영역 내에 배치되며, 각각 공유형 대기 영역에 대해서 개방된 말단부를 가지는 복수의 공동을 포함하는, 지지 부재;

각각 복수의 공동 중 상응하는 하나 내에 배치된 애노드 및 캐소드를 구비하고, 상기 애노드 및 캐소드는 공동의 개방된 말단부에 의해서 공유형 대기 영역으로 노출되고, 상기 애노드 및 상기 캐소드는 그들의 길이를 따라서 상기 공동에 의해서 실질적으로 둘러싸이는 것인, 복수의 리튬 이온 코어 부재; 및

리튬 이온 셀 영역에 인접하여 위치된, 하나 이상의 흡열 재료를 포함하는, 다중 코어 리튬 이온 배터리.

**청구항 148**

제147항에 있어서,

지지 부재는 운동 에너지 흡수 재료를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 149**

제148항에 있어서,

운동 에너지 흡수 재료는 알루미늄 폼, 세라믹 및 플라스틱 중 하나로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 150**

제148항에 있어서,

각각 상응하는 하나의 리튬 이온 코어 부재 및 상응하는 하나의 공동의 표면 사이에 위치된, 복수의 공동 라이너를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 151**

제150항에 있어서,

공동 라이너는 플라스틱 또는 알루미늄 재료로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 152**

제151항에 있어서,

복수의 공동 라이너는 단일체형 라이너 부재의 일부로서 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 153**

제147항에 있어서,

코어의 각각의 내부에 수용된 전해질을 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 154**

제153항에 있어서,

전해질은 내연제, 가스 발생제 및 산화환원 서플 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 155**

제147항에 있어서,

각각의 리튬 이온 코어 부재는 애노드, 캐소드 및 각각의 애노드와 캐소드 사이에 배치된 세퍼레이터를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 156**

제155항에 있어서,

상기 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하는 상기 외장 내의 전기 커넥터를 더 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 157**

제156항에 있어서,

상기 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 상기 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 상기 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 158**

제157항에 있어서,

코어 부재는 병렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 159**

제157항에 있어서,

코어 부재는 직렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 160**

제157항에 있어서,

코어 부재의 제1 세트는 병렬로 연결되고 코어 부재의 제2 세트는 병렬로 연결되며, 코어 부재의 제1 세트는 코어 부재의 제2 세트와 직렬로 연결되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 161**

제147항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 162**

제161항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 무기 기체를 발생시키는 흡열 재료인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 163**

제147항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 인접한 하나 이상의 리튬 이온 코어 부재들과 관련된 상한 정상 작동 온도 이상에서 단열성을 제공할 수 있는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 164**

제163항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 상한 정상 작동 온도와 더 높은 임계 온도(이보다 온도가 높으면, 리튬 이온 코어 부재가 열 폭주를 잘 일으킬 수 있다) 사이에서, 하나 이상의 흡열 반응들을 겪도록 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 165**

제147항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나와 관련된 흡열 반응은 기체의 생성을 초래하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 166**

제165항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되며, 이때, 세라믹 매트릭스는 상기 기체가 배출되는 것을 허용하여 세라믹 매트릭스로부터 열을 제거하기에 충분한 다공성을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 167**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:19 내지 9:1 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 168**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:9 내지 6:4 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 169**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 무기 섬유, 무기 미립자 물질 및 결합제를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 170**

제169항에 있어서,

무기 미립자 물질은 혼증 세라믹, 불투명체 및 이의 혼합물로 이루어지는 균으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 171**

제161항에 있어서,

세라믹 혼합물은 건식 가압 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 172**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 (i) 섬유 성분들을 포함하는 모재를 형성하는 것, 및 (ii) 하나 이상의 흡열 재료와 모재의 침지에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 173**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 진공 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 174**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 주로 가능한 조성물의 형태인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 175**

제161항에 있어서,

세라믹 혼합물은 중량%로

세라믹 산화물 분말 0~60 중량%

불투명체 0~30 중량%

흡열 재료 10~90 중량%

긴조 결합제 0~10 중량%

액체 결합제 0~60 중량%

섬유 0~60%

를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 176**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 흡열 재료의 구매를 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 177**

제161항에 있어서,

세라믹 매트릭스는, 세라믹 매트릭스 내의 적어도 하나의 영역과 비교하여, 더 높은 농도의 하나 이상의 흡열 재료를 가지는 표면 영역을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 178**

제147항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는, 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 적어도 하나의 홈을 한정하는 성형체로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 179**

제178항에 있어서,

성형체는, 각각이 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 복수의 홈들을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 180**

제161항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는

광물	화학식	대략적인 분해 개시(℃)
네스퀘호나이트	$MgCO_3 \cdot 3H_2O$	70~100
석고	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	60~130
인산마그네슘 팔수화물	$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	140~150
수산화알루미늄	$Al(OH)_3$	180~200
히드로마그네사이트	$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$	220~240
도소나이트	$NaAl(OH)_2CO_3$	240~260
수산화마그네슘	$Mg(OH)_2$	300~320
탄산마그네슘 서브하이드레이트	$MgO \cdot CO_{2(0.96)}H_2O_{(0.3)}$	340~350
베마이트	$AlO(OH)$	340~350
수산화칼슘	$Ca(OH)_2$	430~450

으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것으로서, 이때, "대략적인 분해 개시"는 흡열 재료의 흡열 반응이 시작 될 것으로 예상되는 온도인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 181**

제180항에 있어서,

흡열 재료군은 중탄산나트륨을 더 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 182**

제147항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 흡열 반응의 개시를 위한 제1의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제1 흡열 재료 및 흡열 반응의 개시를 위한 제2의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제2 흡열 재료를 포함하고, 이때, 제1의 대략적인 개시 온도는 제2의 대략적인 개시 온도와 상이한 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 183**

제161항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치된 밀봉된 외장 및 밀봉된 외장과 관련된 적어도 하나의 환기부를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 184**

제183항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 미리 결정된 한계 압력 수준을 초과하는 밀봉된 외장 내 압력에 반응하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 185**

제183항에 있어서,

적어도 하나의 환기부에 인접한 화염 방지장치를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 186**

제183항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 부분적으로는 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응을 기초로 하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 187**

제186항에 있어서,

구동된 환기부를 통해 방출되는 기체들은 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 188**

제187항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는, 그것이 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 열을 전달하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 189**

제187항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는 무독성이며, 무독성 기체는, 무독성 기체가 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 생성되어 배출되는 하나 이상의 유독한 기체들을 희석시키는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 190**

제184항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 15 psi 내지 200 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 191**

제184항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 30 psi 내지 170 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 192**

제184항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 60 psi 내지 140 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 193**

제147항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 하이드록실 성분, 함수 성분, 적어도 하나의 탄산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 적어도 하나의 황산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 비 함수 탄산염, 비 함수 황산염, 비 함수 인산염 및 이의 조합을 포함하는 재료들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 194**

애노드 및 캐소드를 가지고 있는 적어도 하나의 리튬 이온 코어 부재로서, 캐소드는 화합물 A 내지 M의 그룹으로부터 선택된 적어도 두 개의 화합물을 포함하는 것인 적어도 하나의 리튬 이온 코어 부재; 및

적어도 하나의 리튬 이온 코어 부재에 인접하게 위치한 하나 이상의 흡열 재료를 포함하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 195**

제194항에 있어서,

하나의 리튬 이온 코어 부재만이 존재하는, 리튬 이온 배터리.

**청구항 196**

제194항에 있어서,

리튬 이온 코어 부재는 밀봉된 외장 내에 위치되며, 이때, 밀봉된 외장은 폴리머 백(bag)인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 197**

제194항에 있어서,

리튬 이온 코어 부재는 밀봉된 외장 내에 위치되며, 이때, 밀봉된 외장은 금속 캐니스터인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 198**

제194항에 있어서,

각각의 캐소드는 화합물 B, C, D, E, F, G, L 및 M의 그룹으로부터 선택된 적어도 2개의 화합물을 포함하고, 표면 개질제를 더 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 199**

제194항에 있어서,

각각의 캐소드는 화합물 B, D, F, G 및 L의 그룹으로부터 선택된 적어도 2개의 화합물을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 200**

제194항에 있어서,

상기 배터리는 4.2V보다 높은 전압까지 충전되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 201**

제194항에 있어서,

각각의 애노드는 탄소 및 그래파이트 중 하나를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 202**

제194항에 있어서,

각각의 애노드는 Si를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 203**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 204**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 무기 기체를 발생시키는 흡열 재료인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 205**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 인접한 하나 이상의 리튬 이온 코어 부재들과 관련된 상한 정상 작동 온도 이상에서 단열성을 제공할 수 있는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 206**

제205항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 상한 정상 작동 온도와 더 높은 임계 온도(이보다 온도가 높으면, 리튬 이온 코어 부재가 열 폭주를 잘 일으킬 수 있다) 사이에서, 하나 이상의 흡열 반응들을 겪도록 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 207**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나와 관련된 흡열 반응은 기체의 생성을 초래하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 208**

제207항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되며, 이때, 세라믹 매트릭스는 상기 기체가 배출되는 것을 허용하여 세라믹 매트릭스로부터 열을 제거하기에 충분한 다공성을 가지는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 209**

제203항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:19 내지 9:1 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 210**

제209항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:9 내지 6:4 범위인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 211**

제203항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 무기 섬유, 무기 미립자 물질 및 결합제를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 212**

제211항에 있어서,

무기 미립자 물질은 혼증 세라믹, 불투명체 및 이의 혼합물로 이루어지는 균으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 213**

제203항에 있어서,

세라믹 혼합물은 건식 가압 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 214**

제203항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 (i) 섬유 성분들을 포함하는 모재를 형성하는 것, 및 (ii) 하나 이상의 흡열 재료와 모재의 침지에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 215**

제203항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 진공 성형법에 의해 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 216**

제203항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 주로 가능한 조성물의 형태인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 217**

제203항에 있어서,

세라믹 혼합물은 중량%로

세라믹 산화물 분말 0~60 중량%

불투명체 0~30 중량%

흡열 재료 10~90 중량%

긴조 결합제 0~10 중량%

액체 결합제 0~60 중량%

섬유 0~60%

를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 218**

제203항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 흡열 재료의 구매를 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 219**

제203항에 있어서,

세라믹 매트릭스는, 세라믹 매트릭스 내의 적어도 하나의 영역과 비교하여, 더 높은 농도의 하나 이상의 흡열 재료를 가지는 표면 영역을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 220**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는, 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 적어도 하나의 홈을 한정하는 성형체로 형성되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 221**

제220항에 있어서,

성형체는, 각각이 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 복수의 홈들을 한정하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 222**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는

광물	화학식	대략적인 분해 개시(℃)
네스퀘호나이트	$MgCO_3 \cdot 3H_2O$	70~100
석고	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	60~130
인산마그네슘 팔수화물	$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	140~150
수산화알루미늄	$Al(OH)_3$	180~200
히드로마그네사이트	$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$	220~240
도소나이트	$NaAl(OH)_2CO_3$	240~260
수산화마그네슘	$Mg(OH)_2$	300~320
탄산마그네슘 서브하이드레이트	$MgO \cdot CO_{2(0.96)}H_2O_{(0.3)}$	340~350
베마이트	$AlO(OH)$	340~350
수산화칼슘	$Ca(OH)_2$	430~450

으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것으로서, 이때, "대략적인 분해 개시"는 흡열 재료의 흡열 반응이 시작 될 것으로 예상되는 온도인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 223**

제222항에 있어서,

흡열 재료군은 중탄산나트륨을 더 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 224**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 흡열 반응의 개시를 위한 제1의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제1 흡열 재료 및 흡열 반응의 개시를 위한 제2의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제2 흡열 재료를 포함하고, 이때, 제1의 대략적인 개시 온도는 제2의 대략적인 개시 온도와 상이한 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 225**

제194항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치된 밀봉된 외장 및 밀봉된 외장과 관련된 적어도 하나의 환기부를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 226**

제225항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 미리 결정된 한계 압력 수준을 초과하는 밀봉된 외장 내 압력에 반응하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 227**

제226항에 있어서,

적어도 하나의 환기부에 인접한 화염 방지장치를 더 포함하는 리튬 이온 배터리.

**청구항 228**

제226항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 부분적으로는 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응을 기초로 하여 구동되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 229**

제228항에 있어서,

구동된 환기부를 통해 방출되는 기체들은 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 230**

제229항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는, 그것이 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 열을 전달하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 231**

제229항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는 무독성이며, 무독성 기체는, 무독성 기체가 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 생성되어 배출되는 하나 이상의 유독한 기체들을 희석시키는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 232**

제226항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 15 psi 내지 200 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 233**

제226항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 30 psi 내지 170 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 234**

제226항에 있어서,

미리 결정된 한계 압력 수준은 약 60 psi 내지 140 psi인 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 235**

제194항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 하이드록실 성분, 함수 성분, 적어도 하나의 탄산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 적어도 하나의 황산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 비 함수 탄산염, 비 함수 황산염, 비 함수 인산염 및 이의 조합을 포함하는 재료들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 236**

밀봉된 외장; 및

밀봉된 외장 내에 배치되며, 애노드 및 캐소드를 구비하는, 적어도 하나의 리튬 이온 코어 부재;

상기 적어도 하나의 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하는, 상기 외장 내의 전기 커넥터; 및

적어도 하나의 리튬 이온 코어 부재에 인접하여 위치한 하나 이상의 흡열 재료

를 포함하는 리튬 이온 배터리로서, 이때, 전기 커넥터는, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 상기 전기 커넥터를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 237**

제236항에 있어서,

상기 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 상기 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 상기 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 238**

제236항에 있어서,

전기 커넥터는 각각의 애노드를 제1 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭 및 각각의 캐소드를 제2 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭을 더 포함하고, 각각의 탭은, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 각각의 상기 탭을 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단을 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 239**

제236항에 있어서,

전기 커넥터에서, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 퓨즈 요소를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위해서, 제1 모선은 제1 모선에 대한 애노드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함하고, 제2 모선은 제2 모선에 대한 캐소드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함하는 것인, 리튬 이온 배터리.

**청구항 240**

복수의 젤리 롤, 음극 집전체, 양극 집전체 및 금속 케이스를 구비한, 다중 코어의 충전 가능한 전기 화학적 어셈블리로서, 이때,

- (i) 각각의 젤리 롤은 적어도 캐소드 집전체, 애노드 집전체, 캐소드 및 애노드 코팅층 및 세퍼레이터를 포함하고;
- (ii) 젤리 롤의 적어도 하나의 말단은 베어(bare) 섹션을 가지고 있고;
- (iii) 베어 말단의 적어도 하나는 모선 위에 마운트되고;
- (iv) 양의 모선은 금속 케이스 바닥의 내부 벽 위로 직접적으로 마운트되거나, 금속 케이스의 바닥의 전부 또는 일부이고;
- (v) 하나 이상의 흡열 재료는 적어도 하나의 젤리 롤에 근접하게 위치되는 것인, 다중 코어의 충전 가능한 전기 화학적 어셈블리.

**청구항 241**

제240항에 있어서,

각각의 젤리 롤은 애노드에 베어 섹션을 가지고 있고, 음의 모선 위에 마운트된 것인, 어셈블리.

**청구항 242**

제240항에 있어서,

베어 캐소드 집전체 영역 k2의 폭은 0.1 mm보다 크고, 애노드 및 캐소드 집전체 폭의 50% 미만인 것인, 어셈블리.

**청구항 243**

제240항에 있어서,

베어 애노드 집전체 영역 k2의 폭은 0.1 mm보다 크고, 애노드 및 캐소드 집전체 폭의 50% 미만인 것인, 어셈블리.

**청구항 244**

제240항에 있어서,  
음극 집전체에 적어도 하나의 슬릿 개구부가 존재하는 것인, 어셈블리.

**청구항 245**

제240항에 있어서,  
애노드 집전체는 구리 및 니켈 포일, 메쉬, 플레이트 및 피복으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 246**

제240항에 있어서,  
캐소드 집전체는 알루미늄 포일, 메쉬, 플레이트 및 피복으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 247**

제240항에 있어서,  
음의 모선은 구리, 니켈 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 248**

제240항에 있어서,  
양의 모선은 알루미늄 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 249**

제240항에 있어서,  
적어도 하나의 젤리 롤은 모선 위에 마운트된 하나 이상의 탭을 가지고 있는 것인, 어셈블리.

**청구항 250**

제240항에 있어서,  
모든 젤리 롤이 동일한, 어셈블리.

**청구항 251**

제240항에 있어서,  
젤리 롤 중 적어도 하나는 다른 것들과 동일하지 않은, 어셈블리.

**청구항 252**

제240항에 있어서,  
젤리 롤 중 적어도 하나는 하우징에 의해 부분적으로 또는 전체적으로 둘러싸인 것인, 어셈블리.

**청구항 253**

제252항에 있어서,  
하우징 재료는 금속, 세라믹 및 폴리머의 군으로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 254**

제252항에 있어서,  
하우징 재료는 폼, 플레이트, 패브릭 및 메쉬의 군으로부터 선택된 구조물을 가지는 것인, 어셈블리.

**청구항 255**

제252항에 있어서,  
하우징 재료는 미세 다공성 세라믹인 것인, 어셈블리.

**청구항 256**

제252항에 있어서,  
하우징 재료는 적어도 하나의 흡열제와의 합성물인 것인, 어셈블리.

**청구항 257**

제252항에 있어서,  
하우징은 하나 이상의 흡열 재료로부터 형성되는 것인, 어셈블리.

**청구항 258**

제240항에 있어서,  
하나 이상의 흡열 재료는 금속 폼 또는 미세 다공성 세라믹 중 적어도 하나 내로 도입되는 것인, 어셈블리.

**청구항 259**

제258항에 있어서,  
하나 이상의 흡열제는 중탄산나트륨인 것인, 어셈블리.

**청구항 260**

제240항에 있어서,  
Li 이온 배터리를 한정하는 어셈블리.

**청구항 261**

제240항에 있어서,  
하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되는 것인, 어셈블리.

**청구항 262**

제240항에 있어서,  
하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 무기 기체를 발생시키는 흡열 재료인 것인, 어셈블리.

**청구항 263**

제240항에 있어서,  
하나 이상의 흡열 재료는 인접한 하나 이상의 리튬 이온 코어 부재들과 관련된 상한 정상 작동 온도 이상에서 단열성을 제공할 수 있는 것인, 어셈블리.

**청구항 264**

제263항에 있어서,  
하나 이상의 흡열 재료는 상한 정상 작동 온도와 더 높은 임계 온도(이보다 온도가 높으면, 리튬 이온 코어 부재가 열 폭주를 잘 일으킬 수 있다) 사이에서, 하나 이상의 흡열 반응들을 겪도록 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 265**

제240항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나와 관련된 흡열 반응은 기체의 생성을 초래하는 것인, 어셈블리.

**청구항 266**

제265항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료 중 적어도 하나는 세라믹 매트릭스 내에 포함되며, 이때, 세라믹 매트릭스는 상기 기체가 배출되는 것을 허용하여 세라믹 매트릭스로부터 열을 제거하기에 충분한 다공성을 가지는 것인, 어셈블리.

**청구항 267**

제261항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:19 내지 9:1 범위인 것인, 어셈블리.

**청구항 268**

제267항에 있어서,

세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:9 내지 6:4 범위인 것인, 어셈블리.

**청구항 269**

제261항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 무기 섬유, 무기 미립자 물질 및 결합제를 포함하는 것인, 어셈블리.

**청구항 270**

제269항에 있어서,

무기 미립자 물질은 혼중 세라믹, 불투명체 및 이의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 271**

제261항에 있어서,

세라믹 혼합물은 건식 가압 성형법에 의해 형성되는 것인, 어셈블리.

**청구항 272**

제261항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 (i) 섬유 성분들을 포함하는 모재를 형성하는 것, 및 (ii) 하나 이상의 흡열 재료와 모재의 침지에 의해 형성되는 것인, 어셈블리.

**청구항 273**

제261항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 진공 성형법에 의해 형성되는 것인, 어셈블리.

**청구항 274**

제261항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 구조 가능한 조성물의 형태인 것인, 어셈블리.

**청구항 275**

제261항에 있어서,

세라믹 혼합물은 중량%로

세라믹 산화물 분말 0~60 중량%

- 불투명체 0~30 중량%
- 흡열 재료 10~90 중량%
- 건조 결합제 0~10 중량%
- 액체 결합제 0~60 중량%
- 섬유 0~60%

를 포함하는 것인, 어셈블리.

**청구항 276**

제261항에 있어서,

세라믹 매트릭스는 하나 이상의 흡열 재료의 구배를 한정하는 것인, 어셈블리.

**청구항 277**

제261항에 있어서,

세라믹 매트릭스는, 세라믹 매트릭스 내의 적어도 하나의 영역과 비교하여, 더 높은 농도의 하나 이상의 흡열 재료를 가지는 표면 영역을 한정하는 것인, 어셈블리.

**청구항 278**

제240항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는, 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 적어도 하나의 홈을 한정하는 성형체로 형성되는 것인, 어셈블리.

**청구항 279**

제278항에 있어서,

성형체는, 각각이 지지 부재를 수용하도록 구성되고 규모가 정해지는 복수의 홈들을 한정하는 것인, 어셈블리.

**청구항 280**

제240항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는

광물	화학식	대략적인 분해 개시(℃)
네스퀘호나이트	$MgCO_3 \cdot 3H_2O$	70~100
석고	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	60~130
인산마그네슘 팔수화물	$Mg_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$	140~150
수산화알루미늄	$Al(OH)_3$	180~200
히드로마그네사이트	$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$	220~240
도소나이트	$NaAl(OH)_2CO_3$	240~260
수산화마그네슘	$Mg(OH)_2$	300~320
탄산마그네슘 서브하이드레이트	$MgO \cdot CO_{2(0.96)}H_{2O(0.3)}$	340~350
베마이트	$AlO(OH)$	340~350
수산화칼슘	$Ca(OH)_2$	430~450

으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것으로서, 이때, "대략적인 분해 개시"는 흡열 재료의 흡열 반응이 시작

될 것으로 예상되는 온도인 것인, 어셈블리.

**청구항 281**

제280항에 있어서,

흡열 재료군은 중탄산나트륨을 더 포함하는 것인, 어셈블리.

**청구항 282**

제240항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료는 흡열 반응의 개시를 위한 제1의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제1 흡열 재료 및 흡열 반응의 개시를 위한 제2의 대략적인 개시 온도를 특징으로 하는 제2 흡열 재료를 포함하고, 이때, 제1의 대략적인 개시 온도는 제2의 대략적인 개시 온도와 상이한 것인, 어셈블리.

**청구항 283**

제240항에 있어서,

내부에 지지 부재가 위치한 밀봉된 외장 및 밀봉된 외장과 관련된 적어도 하나의 환기부를 더 포함하는 어셈블리.

**청구항 284**

제283항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 미리 결정된 한계 압력 수준을 초과하는 밀봉된 외장 내 압력에 반응하여 구동되는 것인, 어셈블리.

**청구항 285**

제284항에 있어서,

적어도 하나의 환기부에 인접한 화염 방지장치를 더 포함하는 어셈블리.

**청구항 286**

제283항에 있어서,

적어도 하나의 환기부는 부분적으로는 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응을 기초로 하여 구동되는 것인, 어셈블리.

**청구항 287**

제240항에 있어서,

구동된 환기부를 통해 방출되는 기체들은 하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체를 포함하는 것인, 어셈블리.

**청구항 288**

제287항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는, 그것이 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 열을 전달하는 것인, 어셈블리.

**청구항 289**

제287항에 있어서,

하나 이상의 흡열 재료와 관련된 흡열 반응으로부터 생성된 기체는 무독성이며, 무독성 기체는, 무독성 기체가 환기부를 통해 배출됨에 따라, 밀봉된 외장 내부로부터 생성되어 배출되는 하나 이상의 유독한 기체들을 희석시키는 것인, 어셈블리.

**청구항 290**

제284항에 있어서,  
미리 결정된 한계 압력 수준은 약 15 psi 내지 200 psi인 것인, 어셈블리.

**청구항 291**

제284항에 있어서,  
미리 결정된 한계 압력 수준은 약 30 psi 내지 170 psi인 것인, 어셈블리.

**청구항 292**

제284항에 있어서,  
미리 결정된 한계 압력 수준은 약 60 psi 내지 140 psi인 것인, 어셈블리.

**청구항 293**

제240항에 있어서,  
하나 이상의 흡열 재료는 하이드록실 성분, 함수 성분, 적어도 하나의 탄산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 적어도 하나의 황산염과 조합된 하이드록실 또는 함수 성분, 비 함수 탄산염, 비 함수 황산염, 비 함수 인산염 및 이의 조합을 포함하는 재료들로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 294**

단일 젤리 롤; 음극 집전체, 양극 집전체 및 금속 케이스를 포함하는, 단일 코어의 충전 가능한 전기 화학적 어셈블리로서, 배터리에서는,

- (i) 젤리 롤은 캐소드 집전체, 애노드 집전체, 캐소드 및 애노드 코팅층, 세퍼레이터 및 전해질을 포함하고,
- (ii) 베어 집전체는 캐소드의 말단에 있고,
- (iii) 젤리 롤의 말단은, 금속 케이스의 바닥의 전체 또는 일부분으로서, 금속 케이스에 용접되는 베어 캐소드 집전체 부분을 포함하고,
- (iv) 하나 이상의 흡열 재료는 젤리 롤에 근접하여 위치되는 것인, 단일 코어의 충전 가능한 전기 화학적 어셈블리.

**청구항 295**

제294항에 있어서,  
음극 집전체는 구리, 니켈 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 296**

제294항에 있어서,  
양극 집전체는 알루미늄 및 스테인리스 스틸로부터 선택되는 것인, 어셈블리.

**청구항 297**

제294항에 있어서,  
젤리 롤은 애노드 집전체에 하나 이상의 탭을 가지고 있는 것인, 어셈블리.

**청구항 298**

제294항에 있어서,  
젤리 롤 내의 세퍼레이터 및 전해질은 고체 폴리머 전해질 필름, 겔 폴리머 전해질 필름 및 고체 이온성 박막 중 하나인 것인, 어셈블리.

**청구항 299**

복수의 젤리 롤,  
음극 집전체,  
양극 집전체, 및

금속 케이스를 포함하는 다중 코어의 충전 가능한 전기 화학적 어셈블리로서, 이때, 각각의 젤리 롤은 적어도 캐소드 집전체, 애노드 집전체, 캐소드 및 애노드 코팅층, 및 세퍼레이터를 포함하고;

젤리 롤의 적어도 하나의 말단은 베어 섹션을 가지고 있고;

베어 말단의 적어도 하나는 모선 위에 마운트되고,

양의 모선은 금속 케이스의 바닥의 내벽 위에 직접적으로 마운트되거나, 금속 케이스의 바닥으로서 전체적으로 또는 부분적으로 역할을 하는 것인, 다중 코어의 충전 가능한 전기 화학적 어셈블리.

**청구항 300**

제299항에 있어서,

각각의 젤리 롤은 애노드에 베어 섹션을 가지고 있고, 음의 모선 위에 마운트된 것인, 어셈블리.

**청구항 301**

제299항에 있어서,

젤리 롤은, 0.1 mm보다 더 크고, 애노드 및 캐소드 집전체 폭의 50% 미만인 베어 캐소드 집전체 영역 k2의 폭을 특징으로 하는, 어셈블리.

**청구항 302**

제299항에 있어서,

젤리 롤은, 0.1 mm보다 더 크고, 애노드 및 캐소드 집전체 폭의 50% 미만인 베어 애노드 집전체 영역 k2의 폭을 특징으로 하는, 어셈블리.

**청구항 303**

제299항에 있어서,

음극 집전체에 적어도 하나의 슬릿 개구부를 더 포함하는 어셈블리.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] <정부의 권리>

[0002] 본 발명은 미국 에너지국이 수여한 DE-AR0000392 하의 정부 지원으로 이루어졌다. 정부는 본 발명에 일정한 권리를 갖는다.

[0003] <관련 출원의 상호 참조>

[0004] 본 발명은 다음과 같은 세 건의 공동 계류 중인 가특허출원에 대하여 우선권 이익을 주장한다: (i) 2014년 5월 21일 출원된 제61/997,082호 "Electrochemical Cell with Enhanced Safety"라는 명칭의 미국 가특허출원; (ii) 2015년 1월 26일 출원된 제62/107,630호 "Lithium Ion Battery with Thermal Runaway Protection"라는 명칭의 미국 가특허출원; 및 (iii) 2015년 1월 26일 출원된 제62/107,845호 "Passive Insulation Materials"이라는 명칭의 미국 가특허출원. 전술한 가특허출원들의 전체 내용은 본 설명에 참조로 포함된다.

[0005] <기술 분야>

[0006] 본 개시는 리튬 이온 배터리에 관한 것으로, 더욱 구체적으로는 안전성이 향상되고, 제조 비용은 감소된, 다중

코어 리튬 이온 배터리에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0007] 전기 차량 및 전력망 저장 시스템과 같은 적용예뿐만 아니라, 전기 자전거, 무정전 배터리 시스템 및 납 축전지 대체 배터리와 같은 기타 다중-셀 배터리 적용예의 성장으로 인해, 리튬 이온 배터리와 같은 전기화학적 파워 셀에 대한 수요가 계속해서 증가하고 있다. 높은 에너지 및 파워 밀도가 이들 적용예에 요구되나, 폭넓은 상업적 채택을 가능하게 하기 위해서는, 더 중요하지는 않더라도 유사한 정도로 중요한 것으로서, 낮은 제조 비용과 증가된 안정성이라는 요건이 있다. 이러한 배터리의 에너지 대 파워 비율을 적용예의 비율에 맞추는 것이 추가로 요구된다.
- [0008] 대형 체재의 적용예인, 전력망 저장 및 전기 차량의 경우에, 직렬 및 병렬 어레이로 연결된 복수의 셀이 요구된다. 셀의 공급자는, 본 설명에서 각각의 단일 셀에 대해서 10 Ah(암페어 시간) 초과로 규정되는 대형 셀, 또는 본 설명에서 10 Ah 미만으로 규정되는 소형 셀에 초점을 맞춘다. 적층된 또는 라미네이트된 전극을 포함하는, 각형 셀 또는 폴리머 셀과 같은 대형 셀은 LG 케미칼, AESC, ATL 및 기타 공급자에 의해서 제조된다. 18650 또는 26650 원통형 셀, 또는 183765 또는 103450 셀과 같은 각형 셀 및 기타 유사한 크기와 같은 소형 셀이 산요(Sanyo), 파나소닉(Panasonic), 이원몰리(EoneMoli), 보스톤 파워(Boston-Power), 존 콘트롤스(Johnson Controls), 새프트(Saft), BYD, 골드 피크(Gold Peak) 등에 의해서 제조된다. 이러한 소형 셀은 종종 장방형 또는 원통형상의 젤리 롤 구조물을 이용한다. 일부 소형 셀은, 대형 셀과 유사하나 용량이 적은, 적층된 전극을 가지는 폴리머 셀이다.
- [0009] 기존의 소형 및 대형 셀 배터리는 일부 현저한 단점을 가진다. 18650 셀과 같은 소형 셀과 관련하여, 그것들은 전형적으로 외장 또는 '캔'에 의해서 구속되는 단점을 가지고 있으며, 이는 부분적으로는 기계적 응력 또는 전해질 고갈에 기인한 용량 유지 수명 및 캘린더 수명에 대한 제한을 초래한다. 리튬 이온 배터리는 충전됨에 따라 전극이 팽창한다. 캔 때문에 전극의 젤리 롤 구조물은 구속되고, 기계적 응력이 젤리 롤 구조물 내에서 발생하며, 이는 용량 유지 수명을 제한한다. 점점 더 큰 저장 용량이 요구됨에 따라, 보다 활성적인 애노드 및 캐소드 재료가 주어진 부피의 캔 내로 삽입되고, 이는 전극 상에 추가적인 기계적 응력을 초래한다.
- [0010] 또한, 소형 셀 내의 전해질 양을 증가시킬 수 있는 능력은 제한되고, 리튬이 삽입되고 제거됨에 따라 전극 이동은 젤리 롤로부터 전해질을 외부로 압출시킨다. 이는 전극을 전해질 고갈 상태가 되게 하여, 전력 유출 중의 리튬 이온의 농도 구배뿐만 아니라 전극의 건조를 초래하여, 부반응 및 건조 영역을 유발하고, 이는 이온 경로를 차단하여 배터리 수명을 단축시킨다. 특히 수명이 긴 배터리의 경우에는, 이러한 문제를 극복하기 위해서, 사용자는 충전 상태를 낮추거나 셀의 가용 용량을 제한하거나 충전율을 낮춤으로써 성능을 손상시켜야만 한다.
- [0011] 기계적 측면에서, 소형 셀은 큰 어레이로 조립하기가 어렵고 비용이 많이 든다. 용접 불량 가능성을 최소화하기 위해서, 복잡한 용접 패턴이 생성되어야 한다. 용접 불량은 낮은 용량 및 불량 용접 연결부에서의 가열 가능성을 초래한다. 어레이 내에 많은 셀이 존재할수록, 불량 위험이 커지고 제조 수율이 낮아진다. 이는 높은 생산 비용 및 보증 비용으로 전환된다. 또한, 용접 및 내부 단락에서의 불량 문제에 의한 것뿐만 아니라, 소형 셀의 포장에 관련된 잠재적 안전 문제가 존재한다. 하나의 셀의 불량에 걸맞는 연쇄적인 열 폭주를 피하기 위해 소형 셀의 적절한 포장이 요구된다. 그러한 포장은 비용 증가를 초래한다.
- [0012] 대형 셀의 경우에, 단점은 주로 안전성, 낮은 부피 용량 및 중량 용량, 그리고 고비용의 제조 방법에 있다. 큰 면적의 전극을 가지는 대형 셀은 소형 셀에 비해서 낮은 제조 수율의 문제를 겪는다. 대형 셀 전극에 결함이 있으면 소형 셀 제조에 비해 보다 많은 재료가 낭비되고 전반적인 수율은 적어진다. 5 Ah 셀에 대비되는 50 Ah 셀을 예로 든다. 양 생산 방법 모두에 대한 결함이 동일한 비율로 발생한다 하더라도, 결함들 사이에서 생산된 Ah의 견지에서, 50 Ah 셀 내의 결함은 5 Ah 셀에 비해서 10배의 재료 손실을 초래한다.
- [0013] 젤리 롤은 전형적으로 각각 캐소드 집전체와 애노드 집전체에 연결되는 한 쌍 이상의 탭을 가지고 있다. 이것들은 결국 양의 단자들과 음의 단자들로 연결된다. 이러한 탭들은 일반적으로 젤리 롤로부터 특정 거리를 연장하며, 이는 셀 내에 일부 빈 공간을 생성하여, 배터리의 에너지 밀도를 감소시킨다. 나아가, 하이브리드 전기 차량(HEV)과 같은 Li 이온 배터리의 고효율 적용예를 위해서는, 높은 전류 유출이 요구된다. 이러한 경우에, 탭에서 과도하게 높은 온도를 초래하여, 안전성 우려를 유발할 것이므로, 한 쌍의 탭은 높은 전류 부하를 전달하기에 충분하지 않을 수 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위한 다양한 해결책이 선행 기술에 제안된 바 있다.
- [0014] 미국 특허 제6,605,382호는 캐소드 및 애노드를 위한 복수의 탭을 개시하고 있다. 이들 탭은 양의 모선들과 음의 모선들에 연결된다. 탭들은 일반적으로 캐소드 집전체들과 애노드 집전체들 위에 용접되므로, 복수의 탭들은

젤리 롤 제작, 특히 권취 공정을 매우 복잡하게 만들며, 이는 배터리 비용을 증가시킨다. 또한, 탭이 집전체 위로 용접되는 영역은 어떠한 활성 재료 코팅도 없으므로, 복수의 탭 구성은 배터리의 에너지를 감소시킨다.

- [0015] 복수의 탭으로 인한 이러한 문제들을 해결하기 위하여, Li 이온 젤리 롤에서 탭이 없는 해결책들이 특허 문헌에 제안된 바 있고, 고출력 Li 이온 및 울트라 커패시터 셀에 현재 이용되고 있다. 이러한 해결책들의 핵심적인 부분은 젤리 롤의 양 말단에 코팅되지 않은, 베어(bare) 캐소드 및 애노드 집전체 영역이 있는 젤리 롤을 제조하고, 전류를 모으기 위해 이들 양 말단에 전이 구조 성분들을 있는 용접하는 것이다.
- [0016] 미국 특허 제8,568,916호는 Al 및 Cu 디스크의 형태를 취하는 과도적인 집전체 성분들을 개시하고 있다. 이들 디스크는 금속 스트립 리드를 통해 양단자 및 음단자와 연결된다. 비슷한 개념들이 미국 특허 제6,653,017호, 미국 특허 제8,233,267호, 미국 특허 공개 제2010/0316897호 및 미국 특허 공개 제2011/0223455호에 개시되었고, 교시된 바 있다. 이러한 개시들은 젤리 롤 내의 캐소드 및 애노드로부터 탭을 제거할 수 있으나, 젤리 롤의 양 말단의 양극 집전체와 음극 집전체를 단자에 연결하는 추가적인 수단이 요구되며, 이는, 탭을 가지고 있는 기존의 Li 이온 셀에서보다는 적지만, 여전히 셀 내에 빈 공간을 남긴다. 이는 셀 에너지 밀도를 떨어뜨린다. 나아가, 이러한 해결책은 단일 젤리 롤 셀에서만 이용된다.
- [0017] 미국 특허 제6,605,382호는 복수의 캐소드 탭들이 연결된 양의 모선을 개시하고 있는데, 이것은 디스크 상에 직접적으로 용접되며, 이는 결과적으로 알루미늄 원통에 용접된다. 이것은 캔 바닥의 필요성을 없애주어, 셀 부피와 중량을 감소시킨다. 그러나 이러한 개시는 복수의 탭 시스템에만 이용된다.
- [0018] 다수의 간행물은 복수의 소형 셀을 병렬로 연결함으로써 대용량 유닛을 구축하는 수단을 개시한 바 있다. 이들 해결책에는 셀 탭들과 모선들을 적절히 배열하고 구성하는 과제가 있으며, 그것들은 낮은 배터리 에너지 밀도, 낮은 파워 밀도, 높은 비용 및 낮은 안전성을 겪는다. 미국 특허 제8,088,509호에서는, 복수의 젤리 롤이 개별적인 금속 셀 내에 위치된다. 젤리 롤로부터의 탭은 양의 모선 및 음의 모선에 연결된다. 미국 특허 제 5,871,861호에서는, 복수의 단일 젤리 롤들이 병렬로 연결된다. 그것들의 양의 탭과 음의 탭은 양의 모선과 음의 모선에 연결된다. WO 2013/122448에서는, 캐소드 플레이트와 애노드 플레이트를 적층하여 형성된 복수의 젤리 롤 스택으로 이루어지는 Li 이온 셀이 개시된다. 캐소드 탭들과 애노드 탭들은 각각 양의 모선과 음의 모선에 연결된다. 진술한 선행 기술 개시에서, 권취 또는 전극 적층에 의해 형성된 복수의 젤리 롤은 복수의 탭과 모선을 가지고 있으며, 금속 케이싱에 수용된다.
- [0019] PCT/US2013/064654에서는, 새로운 유형의 다중 코어 Li 이온 구조물이 개시된 바 있다. 이들 구조물 중 하나에서는, 복수의 젤리 롤은 개별적인 젤리 롤을 위한 라이너들이 있는 하우징 내에 위치된다. 개별적인 젤리 롤로부터의 탭들은 양의 모선 및 음의 모선에 연결된다.
- [0020] 대형 셀에 대한 또 다른 문제는 안전성이다. 열 폭주로 진행되는 셀 내에서 방출되는 에너지는, 셀 내부에 존재하고 열 폭주 시나리오 중에 접근될 수 있는 전해질의 양에 비례한다. 셀이 클수록, 전극 구조물을 완전히 포화시키기 위해서 전해질이 이용할 수 있는 자유 공간이 커진다. 대형 셀의 경우에 Wh 당 전해질의 양이 전형적으로 소형 셀보다는 크기 때문에, 일반적으로, 대형 셀 배터리는 열 폭주 중에 보다 더 강력한 시스템이며, 따라서 더 안전하지 못하다. 당연하게도 임의의 열 폭주는 구체적인 시나리오에 의존할 것이나, 일반적으로, 심각한 이벤트의 경우에 연료(전해질)가 많을수록 발화는 더 강력해진다. 또한, 대형 셀이 열 폭주 모드로 일단 진입하면, 셀에 의해서 생성되는 열이 인접한 셀 내에서 열 폭주 반응을 유도하여, 전체 팩을 점화시켜 팩 및 주변 장비를 대량으로 파괴하고 사용자에게 안전하지 못한 환경을 제공하는 연쇄 효과를 유발한다.
- [0021] 예를 들어, 다양한 유형의 셀들이 열 폭주 조건에서 600-900°C 영역의 온도를 생성하는 것으로 밝혀졌다[Andrey W. Golubkov et al, Thermal-runaway experiments on consumer Li-ion batteries with metal-oxide and olivin-type cathodes RSC Adv., 2014, 4, 3633-3642]. 그렇게 높은 온도는 주변의 가연물들을 점화시켜, 발화 위험을 발생시킨다. 또한, 상승된 온도는 일부 재료가 분해되기 시작하여 기체를 발생시키게 할 수 있다. 그러한 이벤트 동안 생성된 기체는 유독하고/유독하거나 가연성일 수 있으며, 나아가 제어되지 않은 열 폭주 이벤트와 관련된 위험을 증가시킬 수 있다.
- [0022] 리튬 이온 셀은 높은 휘발성 및 가연성을 나타내는 유기 전해질을 이용할 수 있다. 그러한 전해질은 150°C 내지 200°C 영역에서 출발하는 온도에서 분해하기 시작하는 경향이 있고, 임의의 이벤트에서는, 심지어 분해가 시작되기 전에, 상당한 증기압을 나타낸다. 일단 분해가 시작되면, 생성된 기체 혼합물(전형적으로 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>F 등의 혼합물)은 발화할 수 있다. 전해질 분해 시 그러한 기체의 생성은 압력의 증가를 초래하고, 이러한 기체들은 일반적으로 대기로 발산된다. 그러나 이러한 기체들의 공기 희석은, 점화될 경우 문제의 셀 내로 다시

타올라 전체 배열체를 점화할 수 있는 폭발성의 연료-공기 혼합물의 형성을 초래할 수 있으므로, 이러한 발산 과정은 위험하다.

- [0023] 이러한 전해질에 난연성 첨가제를 도입한다거나 본질적으로 비 가연성의 전해질을 이용하는 것이 제안된 바 있으나, 이는 리튬 이온 셀의 효율을 손상시킬 수 있다[E. Peter Roth et al., *How Electrolytes Influence Battery Safety*, The Electrochemical Society Interface, Summer 2012, 45-49].
- [0024] 가연성 기체 이외에도, 분해는 유독한 기체들을 방출할 수 있음을 주목해야 한다.
- [0025] 열 폭주 문제는 복수의 셀을 포함하는 배터리에서 더 심각해지는데, 인접한 셀들이 이러한 이벤트로부터 충분한 에너지를 흡수하여 설계된 작동 온도를 초과하여 상승시켜, 열 폭주에 들어가도록 촉발할 수 있기 때문이다. 이는 하나의 셀이 인접한 셀들을 점화함에 따라 저장 장치들이 계속되는 일련의 열 폭주로 들어가는 연쇄반응을 초래할 수 있다.
- [0026] 그러한 연쇄적인 열 폭주 이벤트가 발생하는 것을 방지하기 위하여, 저장 장치들을 저장된 에너지를 충분히 낮게 유지하거나, 셀들을 인접한 셀에서 발생할 수 있는 열적 이벤트로부터 단열시키기 위하여 셀들 사이에 충분한 단열 처리를 채택하거나, 이를 조합하도록 설계할 수 있다. 전자는 그러한 장치에 잠재적으로 저장될 수 있는 에너지의 양을 심각하게 제한한다. 후자는 인접한 셀들이 위치될 수 있는 방법을 제한하며, 그에 의해 효과적인 에너지 밀도를 제한한다.
- [0027] 현재, 연쇄적인 열 폭주를 경계하면서 에너지 밀도를 최대화하기 위하여 설계자들이 채택한 상이한 방법론들이 다수 있다. 하나의 방법은 냉각 메커니즘을 이용하는 것으로, 그것에 의해 열적 이벤트 중에 방출된 에너지는 영향을 받은 영역으로부터 적극적으로 제거되고, 또 다른 장소에서, 전형적으로는 저장 장치 외부에서 방출된다. 이러한 접근법은 적극적인 보호 시스템으로 간주되는데, 그것의 성공이, 효과가 있을 또 다른 시스템의 기능에 의존하기 때문이다. 그러한 시스템은 또 다른 시스템에 의한 개입이 필요하므로, 절대 안전한 것은 아니다. 또한, 냉각 시스템은 전체 에너지 저장 시스템에 중량을 더하여, 그것들이 움직임을 제공하기 위하여 이용되는 적용예(예컨대, 전기 차량)를 위한 저장 장치의 효율성을 감소시킨다. 냉각 시스템이 저장 장치 내에서 박탈하는 공간 또한 달성될 수 있는 잠재적인 에너지 밀도를 감소시킬 수 있다.
- [0028] 연쇄적인 열 폭주를 방지하기 위해 이용되는 두 번째 접근법은 셀들 또는 셀들의 클러스터들 사이에 충분한 양의 단열재를 도입하여, 열적 이벤트 중의 열 전달 속도가, 전형적으로 전도에 의해, 열이 셀의 전체 열 용량에 분산될 수 있도록 충분히 낮게 하는 것이다. 이러한 접근법은 소극적 방법으로 간주되며, 일반적으로는 안전성의 관점에서 더 바람직한 것으로 여겨진다. 이러한 접근법에서는, 필요한 단열재의 질량과 조합된, 단열 재료의 열을 수용하는 능력은 달성될 수 있는 에너지 밀도의 상한을 좌우한다.
- [0029] 세 번째 접근법은 상 변화 재료의 이용을 통한 것이다. 이러한 재료는 특정한 상승된 온도에 도달 시 흡열성 상 변화를 겪는다. 이러한 흡열성 상 변화는 발생하는 열의 일부분을 흡수하여, 국한된 영역을 냉각시킨다. 이러한 접근법 또한 사실상 소극적이며, 기능하는 외부의 기계적 시스템에 의존하지 않는다. 전형적으로, 전기적 저장 장치의 경우, 이러한 상 변화 재료는 예를 들어, 왁스와 지방산과 같은 탄화수소 재료에 의존한다. 이러한 시스템은 냉각 시에 효과적이지만, 그것들 자체가 가연성이어서, 저장 장치 내에서 점화가 일어날 때에는, 열 폭주를 방지하는 데에는 유익하지 않다.
- [0030] 연쇄적인 열 폭주를 방지하기 위한 네 번째 방법은 팽창성 재료의 도입을 통한 것이다. 이들 재료는 지정된 온도 초과 시 팽창하여, 경량이 되도록, 그리고 필요시 단열을 제공하도록 설계된 차(char)를 생성한다. 이들 재료는 단열 이점을 제공하는 데에 효과적일 수 있으나, 이러한 재료의 팽창은 저장 장치의 설계에서 계산되어야 한다.
- [0031] 또한, 리튬 이온 셀의 열 폭주 도중, LiPF<sub>6</sub> 염도 함유하는 탄산 전해질은 일반적으로 유독성 면에서만뿐만 아니라 가연성 면에서도 위험한 기체 혼합물을 생성한다. 이러한 기체는 H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 등을 포함한다. 그러한 혼합물은 셀을 대기로 통기시킬 때 특히 가연성이 된다. 실제로, 임계 산소 농도가 혼합물 내에서 도달될 때, 기체는 발화되어, 셀 내로 다시 타올라, 전체 배열체를 점화할 수 있다.
- [0032] 소형 셀 및 대형 셀의 서로에 대한 성능 매개변수를 비교할 때, 일반적으로 소형 셀이 대형 셀에 비해서 더 큰 중량 용량(Wh/kg) 및 부피 용량(Wh/L)을 가진다는 것을 발견할 수 있다. 용량 및 임피던스를 위하여 비닝(binning) 기술을 이용하여 복수의 소형 셀을 그룹화시킴으로써 생산 운전(production run)의 전체 분포를 보다 효과적인 방식으로 매치시키는 것은 대형 셀에 비해 용이하다. 이는 배터리 팩 대량 생산 중에 보다 큰 제조 수

을 가져온다. 또한, 소형 셀을, 예를 들어 하나의 셀 내의 내부 단락에 의해서 점화된, 배터리 팩의 연쇄적인 열 폭주 반응(안전 문제에 대해서 당해 분야에서 가장 일반적인 문제 중 하나)을 제한하는, 부피적으로 효율적인 어레이로 배열하는 것은 더욱 용이하다. 또한, 소형 셀을 이용하는 것이 비용적으로 유리한데, 이는 산업계에서 큰 수율의 생산 방법이 잘 구축되어 있고 불량 비율이 낮기 때문이다. 기계류를 용이하게 입수할 수 있고, 제조 시스템에 비용이 들지 않는다.

[0033] 한편, 대형 셀의 장점은 배터리 팩 OEM을 위한 조립이 용이하다는 점인데, 이는, 대개 이용이 더 용이한 일반적인 전기화학적 커넥터를 위한 공간 및 분명하게 더 적은 셀을 가지는, 보다 강건한 대형 체재의 구조물을 경험할 수 있으며, 이는, 복수의 문제를 해결할 필요 없이, 그리고 소형 셀의 어레이를 조립하는 데 요구되는 노하우 없이, 효과적인 팩 제조를 가능하게 한다.

[0034] 대형 셀에 비하여 보다 안전하고 제조 비용이 낮으면서도, 더 큰 크기, 그리고 더 큰 파워/에너지 용량을 가지는 배터리를 생성하고자 소형 셀을 이용하는 것의 장점을 활용하기 위하여, 다중 코어(MC) 셀 구조물 내의 소형 셀의 어셈블리가 개발된 바 있다.

[0035] BYD Company Ltd.에 의해서 개발된, 하나의 그러한 MC 셀 구조물은 금속(알루미늄, 구리 합금 또는 니켈 크롬)으로 제조된 하나의 컨테이너 내에 통합된 MC의 어레이를 이용한다. 이러한 어레이는 다음 문헌에 기술되어 있다: EP 1952475 A0; WO 2007/053990; US 2009/0142658 A1; CN 1964126A. BYD 구조물은 MC를 둘러싸는 금속성 재료만을 가지고 있으며, 따라서 기계적인 충격 중에 날카로운 물체가 코어 내로 침입하여 국지적인 단락을 유발하는 단점을 가진다. 모든 코어들은 전해질이 코어들 사이에서 공유되는 공통 컨테이너 내에(개별 캔 내에 있는 것이 아님) 있기 때문에, 제조 결함 또는 외부 가혹 조건으로부터의 임의의 개별적인 불량의 다른 코어로의 전파 및 MC 구조물의 파괴가 발생하기 쉽다. 그러한 셀은 안전하지 않다.

[0036] 복수의 전기화학적 셀의 어셈블리 내의 열 폭주를 방지하기 위한 방법이 US 2012/0003508 A1에 기술된 바 있다. 이러한 특허 출원에 기술된 MC 구조물에서, 각각의 셀은 병렬 또는 직렬로 연결되고, 각 셀은 그 자체의 캔 내에 수용된 젤리 롤 구조물을 가진다. 이어서, 이러한 개별적인 셀은, 난연성 첨가제를 포함하는, 강성 폼으로 충전된 컨테이너 내로 삽입된다. 이러한 안전 수단은, 부분적으로는 이러한 완화하는 재료의 과다한 비용으로 인해, 생산에 고비용이 들고, 에너지 밀도를 제한한다.

[0037] 기타 MC 구조물은 특허출원 US 2010/0190081 A1 및 WO 2007/145441 A1에 기술되어 있으며, 이는 단일 배터리에 의해서 둘 이상의 전압을 제공하는 복수의 셀을 가지는 둘 이상의 적층형의 이차 배터리의 이용을 개시하고 있다. 이러한 배열에서, 단일 셀들이 외장 내에서 직렬로 연결되고, 세퍼레이터를 이용한다. 직렬 요소들은 더 높은 전압의 셀만을 생성하나, 규칙적으로 적층된 유형의 단일 전압 셀과 비교하여 어떠한 안전 문제 또는 비용 문제도 해결하지 못한다.

[0038] 이러한 MC 유형의 배터리는 대형 셀 배터리에 비해 특정 장점을 제공하나, 그것들은 여전히 안전 및 비용 측면에서 특정 단점을 가지고 있다. 또한, Li 이온 배터리 에너지 밀도를 증가시키고, 비용을 감소시키며, 안전성을 향상시키는 점에서, 더 낮은 비용 및 더 높은 성능을 위해서는 (i) 탭과 라이너를 감소시키고, (ii) 양극 집전체들과 양의 모선들을 서로 통합하고, (iii) 음극 집전체들과 음의 모선들을 서로 통합하고, (iv) 양극 집전체와 모선에서 신속한 열 감소를 가능하게 하는 것이 바람직하다.

**발명의 내용**

[0039] 본 개시는, 배터리의 어레이의 용이한 조립 및 파워 대 에너지 비율을 맞출 수 있는 능력과 같은 대형 배터리의 장점을 제공하면서도, 제조 비용이 감소되고 안전성이 개선된, 유리한 다중 코어 리튬 이온 배터리 구조물을 제공한다. 본 설명에 개시된 유리한 시스템들은 다중 코어 셀 구조물 및 다중-셀 배터리 모듈에서 이용가능성을 가진다. 당업자는 아래에 기술된 Li 이온 구조물이 대부분의 사례에서 젤리 롤과 같은 활성 코어 및 전해질을 이용하는 기타 전기화학적 유닛용으로 이용될 수도 있음을 이해한다. 잠재적인 대안적인 실현예로는 미국 특허 제8,233,267호에 기술된 것들과 같은 울트라 커패시터, 그리고 니켈 금속 수소화물 배터리 또는 권취 납 축전지 시스템을 포함한다.

[0040] 예시적인 구현예에서, 애노드 전극 및 캐소드 전극으로부터 유래하는 양극 집전체 및 음극 집전체에 연결되는 복수의 코어들의 어셈블리를 포함하는, 리튬 이온 배터리가 제공된다. 이러한 리튬 이온 배터리는 복수의 젤리 롤, 양극 집전체 및 음극 집전체, 그리고 금속 케이스를 포함한다. 일 구현예에서, 이러한 젤리 롤은 음의 모선 또는 양의 모선 위에 직접적으로 용접된, 적어도 하나의, 베어 집전체 영역을 가지고 있는데, 음의 모선 또는 양의 모선은 복수의 젤리 롤을 전기적으로 연결하고 있다. 또 다른 구현예에서, 이러한 젤리 롤들의 베어 집전

체 영역들 중 적어도 하나는 그러한 연결을 위하여 모선을 이용하지 않고, 둘러싸는 케이스 구조물 위로 직접적으로 용접된다. 이 사례에서, 이러한 케이스는 모선으로 기능한다. 이는 롤을 케이스에, 즉, 금속 캔에 곧바로 용접하거나, 슬리브 구조물을 이용함으로써 달성될 수 있는데, 슬리브 구조물에서는, 바닥에 고정된 모선으로, 용접된 젤리 롤을 가지고 있는 모선은 결과적으로 캔 구조물 위로 용접된다. 베어 애노드 집전체는 일반적으로 Cu 포일이고, 베어 캐소드 집전체는 Li 이온 배터리의 경우 일반적으로 Al 포일이다. 베어 전극들이 용접되는 금속 플레이트는 음의 모선(또는 NBB)으로 지칭되고, 젤리 롤 내의 바(bar) 캐소드가 연결된 모선 말단은 양의 모선(또는 PBB)으로 지칭된다. 일 구현예에서, 전해질 충진을 위한 개구부를 허용하기 위하여, NBB의 각각의 개별적인 젤리 롤의 위치에 대응하는 슬릿 개구부가 존재한다. 이것은 일부 사례의 경우에 전해질이 젤리 롤 그 자체에 의해 완비될 수 있게 하여, 금속 또는 플라스틱 라이너와 같은, 추가적인 전해질을 함유하는 성분들은 필요 없다. 또 다른 예시적인 구현예에서, 단일 코어 전기화학적 어셈블리가 제공되는데, 여기서 NBB와 PBB는 각각 젤리 롤 내의 베어 애노드 및 캐소드 전류 말단 위로 용접된다. 슬릿 개구부는 NBB에 제공될 수 있다. 이러한 어셈블리는 금속 슬리브 내로 삽입된다. PBB는 금속 케이스의 바닥처럼 금속 슬리브의 벽에 용접될 수 있다.

[0041] 본 개시에 따라, 지지 부재가 내부에 배치된 밀봉된 외장을 가지는 예시적인 다중 코어 리튬 이온 배터리도 기술된다. 지지 부재는 복수의 공동(cavity), 및 복수의 공동 중 상응하는 하나의 공동 내에 배치되는 복수의 리튬 이온 코어 부재를 포함한다. 복수의 공동 라이너(cavity liner)가 존재하고, 각각의 공동 라이너는 상응하는 하나의 리튬 이온 코어 부재와, 상응하는 하나의 공동의 표면 사이에 배치된다. 지지 부재는 운동 에너지 흡수 재료를 포함하고, 이러한 운동 에너지 흡수 재료는 알루미늄 폼, 세라믹 및 플라스틱 중 하나로 형성된다. 플라스틱 또는 알루미늄 재료로 형성된 공동 라이너가 있고, 복수의 공동 라이너는 단일체형(monolithic) 라이너 부재의 일부로서 형성된다. 코어 부재들을 수용하기 위하여, 플라스틱 라이너 대신 개방형 알루미늄 원통형 슬리브 또는 캔 구조물도 이용될 수 있다. 코어의 각각의 내부에 수용된 전해질이 추가로 포함되고, 이러한 전해질은 내연제, 가스 발생제 및 산화환원 서플 중 적어도 하나를 포함한다. 각각의 리튬 이온 코어 부재는 애노드, 캐소드 및 각각의 애노드와 캐소드 사이에 배치된 세퍼레이터를 포함한다. 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하는 상기 외장 내의 전기 커넥터가 추가로 포함된다. 이러한 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결한다.

[0042] 개시의 또 다른 양태에서, 코어 부재는 병렬로 연결되거나 코어 부재는 직렬로 연결된다. 대안적으로, 코어 부재의 제1 세트는 병렬로 연결되고 코어 부재의 제2 세트는 병렬로 연결되고, 코어 부재의 제1 세트가 코어 부재의 제2 세트와 직렬로 연결된다. 이러한 지지 부재는 벌집 구조물의 형태이다. 운동 에너지 흡수 재료는 압축가능 매체를 포함한다. 외장은 압축가능 요소를 가지는 벽을 포함하고, 그러한 압축가능 요소는, 벽에 충격을 가하는 힘으로 인해서 압축될 때, 리튬 이온 배터리의 전기적 단락 회로를 생성한다. 지지 부재 내의 공동 및 공동의 상응하는 코어 부재는 원통형 형상, 장방형 형상 및 각형 형상 중 하나이다. 공동 중 적어도 하나 및 공동의 상응하는 코어 부재는 다른 공동 및 다른 공동의 상응하는 코어 부재와 상이한 형상을 가질 수 있다.

[0043] 개시의 또 다른 양태에서, 코어 부재 중 적어도 하나는 큰 파워 특징을 가지고, 코어 부재 중 적어도 하나는 큰 에너지 특징을 가진다. 코어 부재들의 애노드들은 동일한 재료로 형성되고, 코어 부재들의 캐소드들은 동일한 재료로 형성된다. 각각의 세퍼레이터 부재는 세라믹 코팅을 포함할 수 있고, 각각의 애노드 및 각각의 캐소드는 세라믹 코팅을 포함할 수 있다. 코어 부재 중 적어도 하나는, 다른 코어 부재의 애노드 및 캐소드의 두께와 상이한 두께의 애노드 및 캐소드 중 하나를 포함한다. 적어도 하나의 캐소드는 화합물 A 내지 M 그룹의 재료로부터 적어도 2개를 포함한다. 각각의 캐소드는 표면 개질제를 포함한다. 각각의 애노드는 Li 금속, 또는 탄소나 그래파이트 중 하나를 포함한다. 각각의 애노드는 Si를 포함한다. 각각의 코어 부재는 압연된 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함하거나, 각각의 코어 부재가 적층형(stacked) 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함한다.

[0044] 본 개시의 또 다른 양태에서, 코어 부재들은 실질적으로 동일한 전기적 용량을 가진다. 적어도 하나의 코어 부재는 나머지 코어 부재들과 비교하여 상이한 전기적 용량을 가진다. 적어도 하나의 코어 부재는 파워 저장을 위해서 최적화되고, 적어도 하나의 코어 부재는 에너지 저장을 위해서 최적화된다. 각각의 애노드를 제1 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭 및 각각의 캐소드를 제2 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭이 추가로 포함되고, 이때, 각각의 탭은, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 각각의 상기 탭을 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단을 포함한다. 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 퓨즈 요소를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위해서, 제1 모선은 제1 모선에 대한 애노드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함

하고, 제2 모선은 제2 모선에 대한 캐소드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함한다. 코어 부재의 각각을 둘러싸는 보호용 슬리브가 추가로 포함되고, 각각의 보호용 슬리브는, 상응하는 코어 부재를 수용하는 공동의 외부에 배치된다.

[0045] 개시의 또 다른 양태에서, 코어 부재의 전기적 모니터링 및 밸런싱을 가능하게 하도록 구성된, 코어 부재와 전기적으로 상호 연결된 감지 와이어가 포함된다. 밀봉된 외장은 난연성 부재를 포함하고, 난연성 부재는 외장의 외부에 부착된 난연성 메쉬 재료를 포함한다.

[0046] 또 다른 구현예에서, 밀봉된 외장을 포함하는 다중 코어 리튬 이온 배터리가 기술된다. 지지 부재는 밀봉된 외장 내에 배치되고, 이러한 지지 부재는 복수의 공동들을 포함하며, 이때, 지지 부재는 운동 에너지 흡수 재료를 포함한다. 복수의 공동 중 상응하는 하나의 공동 내에 배치된, 복수의 리튬 이온 코어 부재가 존재한다. 복수의 공동 라이너가 추가로 포함되고, 각각의 공동 라이너는 리튬 이온 코어 부재 중 상응하는 하나와 공동 중 상응하는 하나의 표면 사이에 배치된다. 공동 라이너는 플라스틱 또는 알루미늄 재료로 형성되고, 복수의 공동 라이너는 단일체형 라이너 부재의 일부로서 형성된다. 운동 에너지 흡수 재료는 알루미늄 폼, 세라믹 및 플라스틱 중 하나로 형성된다.

[0047] 개시의 또 다른 양태에서, 전해질이 코어의 각각의 내부에 수용되고, 이러한 전해질은 내연제, 가스 발생제 및 산화환원 셔틀 중 적어도 하나를 포함한다. 각각의 리튬 이온 코어 부재는 애노드, 캐소드 및 각각의 애노드와 캐소드 사이에 배치된 세퍼레이터를 포함한다. 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하는 외장 내의 전기 커넥터가 추가로 포함된다. 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결한다. 코어 부재는 병렬로 연결될 수 있다. 코어 부재는 직렬로 연결될 수 있다. 코어 부재의 제1 세트는 병렬로 연결될 수 있고 코어 부재의 제2 세트는 병렬로 연결될 수 있으며, 코어 부재의 제1 세트가 코어 부재의 제2 세트와 직렬로 연결될 수 있다.

[0048] 또 다른 양태에서, 지지 부재는 벌집 구조물의 형태이다. 운동 에너지 흡수 재료는 압축가능 매체를 포함한다. 리튬 외장은 압축가능 요소를 가지는 벽을 포함하고, 그러한 압축가능 요소는, 벽에 충격을 가하는 힘으로 인해서 압축될 때, 리튬 이온 배터리의 전기적 단락 회로를 생성한다. 지지 부재 내의 공동 및 그러한 공동의 상응하는 코어 부재는 원통형 형상, 장방형 형상 및 각형 형상 중 하나이다. 공동 중 적어도 하나 및 공동의 상응하는 코어 부재는 다른 공동 및 다른 공동의 상응하는 코어 부재와 비교하여 상이한 형상을 가질 수 있다. 코어 부재 중 적어도 하나는 높은 파워 특징을 가질 수 있고, 코어 부재 중 적어도 하나는 높은 에너지 특징을 가질 수 있다. 코어 부재들의 애노드들은 동일한 재료로 형성될 수 있고, 코어 부재들의 캐소드들은 동일한 재료로 형성될 수 있다. 각각의 세퍼레이터 부재는 세라믹 코팅을 포함할 수 있다. 각각의 애노드 및 각각의 캐소드는 세라믹 코팅을 포함할 수 있다. 코어 부재들 중 적어도 하나는, 다른 코어 부재의 애노드 및 캐소드의 두께와 비교하여 상이한 두께의 애노드 및 캐소드 중 하나를 포함할 수 있다.

[0049] 또 다른 양태에서, 적어도 하나의 캐소드는 화합물 A 내지 M 그룹의 재료로부터 적어도 2개를 포함한다. 각각의 캐소드는 표면 개질제를 포함한다. 각각의 애노드는 Li 금속, 탄소, 그래파이트, 또는 Si를 포함한다. 각각의 코어 부재는 압연된 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함할 수 있다. 각각의 코어 부재는 적층형 애노드, 캐소드 및 세퍼레이터 구조물을 포함할 수 있다. 코어 부재들은 실질적으로 동일한 전기적 용량을 가질 수 있다. 코어 부재들 중 적어도 하나는 다른 코어 부재들과 비교하여 상이한 전기적 용량을 가질 수 있다. 코어 부재들 중 적어도 하나는 파워 저장을 위해서 최적화될 수 있고, 코어 부재들 중 적어도 하나는 에너지 저장을 위해서 최적화될 수 있다.

[0050] 개시의 또 다른 양태에서, 각각의 애노드를 제1 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭 및 각각의 캐소드를 제2 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭이 추가로 포함되고, 이때, 각각의 탭은, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 각각의 상기 탭을 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단/메커니즘/구조물을 포함한다. 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 퓨즈 요소를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위해서, 제1 모선은 제1 모선에 대한 애노드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소 및 제2 모선에 대한 캐소드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함할 수 있다. 코어 부재의 각각을 둘러싸는 보호용 슬리브가 추가로 포함될 수 있고, 각각의 보호용 슬리브는, 상응하는 코어 부재를 수용하는 공동의 외부에 배치될 수 있다.

[0051] 개시의 다른 구현예에서, 감지 와이어는 코어 부재의 전기적 모니터링 및 밸런싱을 가능하게 하도록 구성된 코어 부재와 전기적으로 상호 연결된다. 밀봉된 외장은 난연성 부재를 포함할 수 있고, 난연성 부재는 외장의 외부에 부착된 난연성 메쉬 재료를 포함할 수 있다.

- [0052] 또 다른 구현예에서, 외장 내부의 리튬 이온 셀 영역 및 공유형 대기(atmosphere) 영역과 함께, 밀봉된 외장을 포함하는 다중 코어 리튬 이온 배터리가 기술된다. 지지 부재는 밀봉된 외장의 리튬 이온 셀 영역 내에 배치되고, 이러한 지지 부재는 복수의 공동을 포함하며, 각각의 공동은 공유형 대기 영역에 대해서 개방된 말단부를 가진다. 복수의 리튬 이온 코어 부재가 제공되는데, 각각의 리튬 이온 코어 부재는 복수의 공동 중 상응하는 하나 내에 배치된 애노드 및 캐소드를 가지고 있고, 이러한 애노드 및 캐소드는 공동의 개방 말단부에 의해서 공유형 대기 영역으로 노출되고, 애노드 및 캐소드는 그들의 길이를 따라서 공동에 의해서 실질적으로 둘러싸인다. 지지 부재는 운동 에너지 흡수 재료를 포함할 수 있다. 운동 에너지 흡수 재료는 알루미늄 폼, 세라믹 및 플라스틱 중 하나로 형성된다.
- [0053] 또 다른 양태에서, 복수의 공동 라이너가 존재하고, 각각의 공동 라이너는 리튬 이온 코어 부재 중 상응하는 하나와 공동 중 상응하는 하나의 표면 사이에 배치된다. 공동 라이너는 플라스틱 또는 알루미늄 재료로 형성될 수 있다. 복수의 공동 라이너가 단일체형 라이너 부재의 일부로서 형성될 수 있다. 전해질은 코어의 각각의 내부에 수용되고, 이러한 전해질은 내연제, 가스 발생제 및 산화환원 서플러 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 각각의 리튬 이온 코어 부재는 애노드, 캐소드 및 각각의 애노드와 캐소드 사이에 배치된 세퍼레이터를 포함한다. 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하는 전기 커넥터가 외장 내에 존재한다. 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결한다.
- [0054] 또 다른 양태에서, 코어 부재는 병렬로 연결되거나 코어 부재는 직렬로 연결된다. 대안적으로, 코어 부재의 제1 세트는 병렬로 연결되고 코어 부재의 제2 세트는 병렬로 연결되며, 코어 부재의 제1 세트가 코어 부재의 제2 세트와 직렬로 연결된다.
- [0055] 또 다른 구현예에서, 리튬 이온 배터리가 기술되고, 밀봉된 외장 및 밀봉된 외장 내에 배치되는 적어도 하나의 리튬 이온 코어 부재를 포함한다. 리튬 이온 코어 부재는 애노드 및 캐소드를 포함하고, 이때, 캐소드는 화합물 A 내지 M의 그룹으로부터 선택된 적어도 2개의 화합물을 포함한다. 하나의 리튬 이온 코어 부재만 존재할 수 있다. 밀봉된 외장은 폴리머 백(bag)일 수 있고, 또는 밀봉된 외장은 금속 캐니스터일 수 있다. 각각의 캐소드는 화합물 B, C, D, E, F, G, L 및 M의 그룹으로부터 선택된 적어도 2개의 화합물을 포함할 수 있고, 표면 개질제를 더 포함할 수 있다. 각각의 캐소드는 화합물 B, D, F, G 및 L의 그룹으로부터 선택된 적어도 2개의 화합물을 포함할 수 있다. 배터리는 4.2 V보다 더 높은 전압까지 충전될 수 있다. 각각의 애노드는 탄소 및 그래파이트 중 하나를 포함할 수 있다. 각각의 애노드는 Si를 포함할 수 있다.
- [0056] 또 다른 구현예에서, 밀봉된 외장 및 밀봉된 외장 내에 배치된 적어도 하나의 리튬 이온 코어 부재를 가지고 있는 리튬 이온 배터리가 기술된다. 리튬 이온 코어 부재는 애노드 및 캐소드를 포함한다. 외장 내의 전기 커넥터는 적어도 하나의 코어 부재를 밀봉된 외장 외부의 전기 단자에 전기적으로 연결하고; 전기 커넥터는, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 전기 커넥터를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단/메커니즘/구조물을 포함한다. 전기 커넥터는 2개의 모선을 포함하고, 제1 모선은 코어 부재의 애노드를 외장 외부의 단자의 양의 단자 부재에 상호 연결하고, 제2 모선은 코어 부재의 캐소드를 외장 외부의 단자의 음의 단자 부재에 상호 연결한다. 전기 커넥터는 각각의 애노드를 제1 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭 및/또는 각각의 캐소드를 제2 모선에 전기적으로 연결하기 위한 탭을 추가로 포함할 수 있고, 이때, 각각의 탭은, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 각각의 탭을 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위한 수단/메커니즘/구조물을 포함한다. 전기 커넥터에서, 미리 결정된 전류가 초과되었을 때, 퓨즈 요소를 통해서 전류가 흐르는 것을 중단시키기 위해서, 제1 모선은 제1 모선에 대한 애노드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함할 수 있고, 제2 모선은 제2 모선에 대한 캐소드들 사이의 상호 연결의 지점 각각에 근접한 퓨즈 요소를 포함할 수 있다.
- [0057] 본 개시는 그 중에서도, 예컨대, 열/온도 조건을 관리하고, 잠재적인 열 폭주 조건의 가능성 및/또는 규모를 감소시킴으로써, 배터리의 안전성 및/또는 안정성에 기여하는 유리한 흡열 기능성을 제공하는 물질을 포함하는 리튬 이온 배터리를 더 제공한다. 본 개시의 예시적인 실현예에서, 흡열 재료/시스템은 무기 기체를 발생하는 흡열성 재료를 포함하는 세라믹 매트릭스를 포함한다. 개시된 흡열 재료/시스템은 아래에서 더욱 상세히 기술되는 바와 같이 다양한 방식 및 다양한 수준으로 리튬 배터리에 도입될 수 있다.
- [0058] 사용에 있어서, 온도가 미리 정해진 수준, 예컨대, 정상적인 작동과 관련된 최대 수준을 초과하여 상승하는 경우, 흡열 재료/시스템이 열 폭주의 가능성을 예방 및/또는 최소화하기 위한 목적으로 하나 이상의 기능을 제공하는 역할을 하도록 개시된 흡열 재료/시스템은 작동한다. 예를 들어, 개시된 흡열 재료/시스템은 유리하게는 다음의 기능성 중 하나 이상을 제공할 수 있다: (i) (특히 고온에서) 단열; (ii) 에너지 흡수; (3) 흡열 재료/

시스템과 관련된 흡열 반응(들)로부터, 전체적으로 또는 부분적으로, 생성된 기체의 배출(venting), (iv) 배터리 구조물 내의 전체 기압 상승; (v) 흡열 재료/시스템과 관련된 흡열 반응(들) 중에 생성된 기체의 배출을 통한, 배터리 시스템으로부터 흡수된 열의 제거, 및/또는 (vi) 배터리 시스템으로부터 유독한 기체(만일 존재할 경우)의 회색 및 (전체적으로 또는 부분적으로) 그것들의 안전한 방출. 또한, 흡열 반응(들)과 관련되어 배출된 기체들은 전해질 기체들을 회색시켜 전해질 기체들과 관련된 발화점 및/또는 가연도를 연기하거나 제거할 기회를 제공한다는 점이 주목된다.

[0059] 개시된 흡열 재료/시스템의 단열 특성은 그러한 흡열 재료/시스템들을 리튬 이온 배터리 시스템에 적용하는 상이한 단계들에서 그 성질들을 조합하는 데 유리하다. 제조된 대로의 상태에서는, 이러한 흡열 재료/시스템은 작은 온도 상승 도중에, 또는 열적 이벤트의 초기 부분 도중에 단열을 제공한다. 이러한 상대적으로 낮은 온도에서는, 이러한 단열 기능성은 열 에너지를 열 용량 전체에 서서히 확산시키기 위하여 제한된 전도를 허용하는 한편, 열 발생을 억제하는 작용을 한다. 이들 낮은 온도에서는, 흡열 재료/시스템 재료는 임의의 흡열성 기체를 발생시키는 반응을 겪지 않도록 선택되고/선택되거나 설계된다. 이것은 이러한 단열 및/또는 리튬 이온 배터리에 임의의 영구적인 손상을 유발하지 않고 전체로서 온도 탈선을 가능하게 하는 윈도우를 제공한다. 리튬 이온 유형의 저장 장치의 경우, 탈선 또는 낮은 수준의 상승과 관련된 일반적인 범위는 60°C 내지 200°C이다. 특히 주목되는 온도 범위에서의 흡열 반응에 저항하는 무기 흡열 재료/시스템의 선택을 통해, 원했던 높은 온도에서 제2의 흡열 기능을 개시하는 리튬 이온 배터리가 제공될 수 있다. 따라서, 본 개시에 따르면, 개시된 흡열 재료/시스템과 관련된 흡열 반응(들)은 60°C로부터 200°C를 유의미하게 초과하는 온도 범위에서 먼저 개시되는 것이 일반적으로 바람직하다. 본 개시에 따른 사용을 위한 예시적인 흡열 재료/시스템은 이하를 포함하나, 이에 한정되지 않는다:

표 1

광물	화학식	대략적인 분해 개시(°C)
네스퀘호나이트	MgCO <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O	70~100
석고	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	60~130
인산마그네슘 팔수화물	Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	140~150
수산화알루미늄	Al(OH) <sub>3</sub>	180~200
히드로마그네사이트	Mg <sub>5</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	220~240
도소나이트	NaAl(OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	240~260
수산화마그네슘	Mg(OH) <sub>2</sub>	300~320
탄산마그네슘 서브하이드레이트(subhydrate)	MgOCO <sub>2(0.96)</sub> H <sub>2</sub> O <sub>(0.3)</sub>	340~350
베마이트	AlO(OH)	340~350
수산화칼슘	Ca(OH) <sub>2</sub>	430~450

[0061] 이들 흡열 재료는 전형적으로, 가능하게는 기타 탄산염 또는 황산염과 조합된, 하이드록실 또는 함수 성분을 함유한다. 대안적인 재료로는 비 함수 탄산염, 황산염 및 인산염을 포함한다. 일반적인 예는 중탄산나트륨일 것으로, 이는 50°C 초과 시에 분해되어 탄산나트륨, 이산화탄소 및 물을 제공한다. 리튬 이온 배터리와 관련된 열적 이벤트가 선택된 흡열 기체를 발생시키는 재료의 흡열 반응(들)을 위해 활성 온도를 초과하는 온도 상승을 초래한다면, 개시된 흡열 재료/시스템은 유리하게도 열 에너지를 흡수하기 시작하여, 그것에 의해 리튬 이온 배터리 시스템에 냉각뿐만 아니라 단열을 제공할 것이다. 에너지 흡수량은 일반적으로 구성에 도입된 흡열 기체를 발생시키는 재료의 양 및 유형뿐만 아니라, 리튬 이온 배터리 내의 에너지 발생 공급원에 대한 흡열 재료/시스템의 전반적인 설계/위치에 의존한다. 주어진 적용에 대한 흡열 재료/시스템의 정확한 첨가량 및 유형(들)은, 흡수된 열이 이러한 단열 재료가 나머지 갇힌 열을 전체 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리의 열 용량까지 전도하도록 허용하기에 충분하도록, 단열 재료와 협력하여 작용하도록 선택된다. 제어된 방식으로 이러한 열을 전체 열 용량까지 분산시킴으로써, 인접한 셀의 온도는 결정적인 분해 또는 발화 온도 밑으로 유지될 수 있다. 그러나 단열 재료를 통한 열의 흐름이 너무 큰 경우, 즉, 에너지 전도가 임계 수준을 초과한다면, 인접한 셀은, 전체로서의 열 용량이 저장된 열을 소산시키기 전에 분해 또는 발화 온도에 도달할 것이다.

[0062] 이러한 매개변수들을 염두에 두고, 본 개시와 관련된 단열 재료는 900°C를 초과하는 온도에 이를 수 있는, 리튬

이온 배터리 시스템에 대한 전형적인 열적 이벤트의 전체 온도 범위에 걸쳐 과도한 수축에 대해 열적으로 안정적이 되도록 설계 및/또는 선택된다. 이러한 단일 관련 요건은 낮은 용점의 유리 섬유, 탄소 섬유, 또는 300°C를 초과하는 온도에서 광범위하게 수축하고 심지어 발화하는 충전재를 기초로 하는 여러 단일 재료와는 대조적이다. 또한, 이러한 단일 관련 요건은 본 설명에 개시된 단일 기능성을 팽창성 재료와 구별하는데, 이는 현재 개시된 재료는 팽창 압력을 견디는 장치 구성요소의 설계를 필요로 하지 않기 때문이다. 따라서, 상 변화 재료를 이용하는 다른 에너지 저장 단일 시스템과는 달리, 본 개시의 흡열 물질/시스템은 유기적이지 않으며, 따라서 높은 온도에서 산소에 노출되었을 때 연소하지 않는다. 더욱이, 개시된 흡열 재료/시스템에 의한 기체의 발생은, 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 시스템으로부터 열을 제거하고 임의의 유독 기체들을 회색시키는 이 중적인 목적과 함께, 열 폭주 조건을 제어 및/또는 회피하는 데 특히 유리하다.

[0063] 예시적인 구현예에 따르면, 개시된 흡열 재료/시스템은 바람직하게는 그것들이 이용되는 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리에 기계적 강도 및 안정성을 제공한다. 개시된 흡열 재료/시스템은 높은 다공성, 즉, 재료가 약간 압축 가능하도록 하는 다공성을 가질 수 있다. 이는 부품들이 서로 끼워 맞춰질 수 있게 되어 매우 단단하게 엮인 포장으로 이어지므로, 조립 중의 이점이 될 수 있다. 이는 결국 자동차, 우주 항공 및 산업 환경에 요구되는 진동 및 충격 저항력을 제공한다.

[0064] 중요한 것은, 일반적으로 흡열 반응(들)이 개시되는 충분한 규모의 열적 이벤트가 발생하는 경우에 개시된 흡열 재료/시스템의 기계적 성질은 변한다는 점이다. 예를 들어, 흡열 반응(들)과 관련된 기체의 발생은 초기의 조립된 압력을 유지하는 흡열 재료/시스템의 기계적 능력을 감소시킬 수 있다. 그러나 이러한 규모의 열적 이벤트를 경험하는 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리는 일반적으로 더 이상 적합하지 않으므로, 기계적 성질의 변화는 대부분의 적용예에서 받아들여질 수 있다. 본 개시의 예시적인 실현예에 따르면, 흡열 반응(들)과 관련된 기체의 발생은 다공성 단일 매트릭스를 남겨둔다.

[0065] 개시된 흡열 기체를 생성하는 흡열 재료/시스템에 의해 생성된 기체로는 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O 및 또는 이의 조합을 포함한다 (그러나 이에 한정되지는 않는다). 이들 기체의 발생은 일련의 후속적인 및/또는 관련된 기능들을 제공한다. 첫 번째로, 상한(upper) 정상 작동 온도와 더 높은 임계 온도(이보다 온도가 높으면, 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리가 제어되지 않은 방전/열 폭주를 잘 일으킬 수 있다) 사이에서의 기체의 생성은 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리가 개방하는 배출 시스템을 강제하는 수단으로서 유리하게 기능할 수 있다.

[0066] 이러한 기체의 생성은 부분적으로는 열적 이벤트 중에 발생된 임의의 유독한 및/또는 부식성의 증기를 회색시키는 역할을 할 수 있다. 배출 시스템이 활성화되면, 방출된 기체는 그것들이 배출 시스템을 통해 장치 외부로 나가면서 열 에너지를 밖으로 가져가는 역할도 한다. 또한, 개시된 흡열 재료/시스템에 의한 기체의 생성은 배출 시스템을 통해 임의의 유독한 기체들을 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 밖으로 강제로 배출시키는 것을 돕는다. 또한, 열 폭주 도중에 형성된 임의의 기체들을 회색시킴으로써, 기체들의 점화 가능성은 감소된다.

[0067] 이러한 흡열 재료/시스템은 다양한 방법 및 다양한 수준으로 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 시스템의 일부분으로 도입 및/또는 실현될 수 있다. 예를 들어, 개시된 흡열 재료/시스템은 건식 가압 성형법, 진공 성형법, 침입법 및 직접 주입법과 같은 공정들을 통해 도입될 수 있다. 또한, 개시된 흡열 재료/시스템은 원했던 온도/에너지 제어 기능을 제공하기 위하여 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 내에서 하나 이상의 위치에 위치될 수 있다.

[0068] 개시된 에너지 저장 시스템 및 방법의 추가적인 유리한 특징, 기능 및 실현예는 아래에 기술된 예시적인 구현예의 설명으로부터, 특히 첨부된 도면과 함께 읽힐 때, 명백해질 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0069] 오로지 비 제한적인 예에 의해서 주어지고 도면을 참조로 하여 이루어진 아래의 설명을 읽으면, 본 개시의 시스템 및 방법을 더 잘 이해할 것이다.

도 1a는 본 개시에 따른 다중 코어, 리튬 이온 배터리의 분해 사시도이다.

도 1b는 본 개시에 따른 다중 코어, 리튬 이온 배터리의 횡단면도이다.

도 1c는 본 개시에 따른 지지 부재의 예시적인 에너지 흡수 재료의 응력-변형 도표이다.

도 1d는 본 개시에 따른 다중 코어, 리튬 이온 배터리의 또 다른 구현예의 횡단면도이다.

- 도 2는 본 개시에 따른 복수의 지지 부재 구성의 하향 관찰 도면이다.
- 도 3은 본 개시에 따른 다중 코어, 리튬 이온 배터리의 또 다른 구현예의 사시도이다.
- 도 4는 본 개시에 따른 혼합된 장방형 및 원통형 공동을 가지는 지지 부재의 또 다른 구현예의 사시도이다.
- 도 5는 본 개시에 따른 각형인 권취형 및 적층형 코어 부재의 사시도이다.
- 도 6a는 본 개시에 따른 병렬/직렬 연결된 다중 코어 리튬 이온 배터리를 도시한다.
- 도 6b는 본 개시에 따른 병렬/직렬 연결된 다중 코어 리튬 이온 배터리의 사시도이다.
- 도 7a는 본 개시에 따른 외장의 계란 케이스 형상의 벽의 횡단면도이다.
- 도 7b는 벽에 기계적인 충격을 가하는 동안의 본 개시에 따른 외장의 계란케이스 형상의 벽의 횡단면도이다.
- 도 8은 본 개시에 따른 젤리 롤의 펼쳐진 도면이다.
- 도 9는 본 개시에 따른 비 코팅 영역이 있는 애노드와 캐소드의 펼쳐진 도면이다.
- 도 10a는 본 개시에 따른 Cu NBB와 Al PBB가 있는 다중 코어 어셈블리의 정면도이다.
- 도 10b는 본 개시에 따른 Cu NBB와 Al PBB가 있는 다중 코어 어셈블리의 상측면도이다.
- 도 11은 Al 케이스의 바닥 벽에 용접된 Al PBB가 있는 예시적인 구현예에서의 다중 코어 Li 이온 어셈블리의 횡단면도이다.
- 도 12는 Al 슬리브의 벽에 용접된 Al PBB가 있는 또 다른 예시적인 구현예에서의 다중 코어 Li 이온 어셈블리의 횡단면도이다.
- 도 13a는 젤리 롤을 위한 하우징이 있는 또 다른 예시적인 구현예에서의 다중 코어 Li 이온 어셈블리의 횡단면도이다.
- 도 13b는 도 13a의 예시적인 하우징의 상측면도이다.
- 도 14a는 본 개시에 따른 Cu NBB와 Al PBB가 있는 단일 코어 어셈블리의 또 다른 예시적인 구현예의 정면도이다.
- 도 14b는 본 개시에 따른 단일 코어 Li 이온 어셈블리의 또 다른 예시적인 구현예의 횡단면도이다.
- 도 14c는 본 개시에 따른 단일 코어 Li 이온 어셈블리를 위한 Cu NBB의 상면도이다.
- 도 15a는 실시예 2에 기술된 다중 코어 Li 이온 어셈블리의 투시 횡단면도이다.
- 도 15b는 비교예 2에 기술된 다중 코어 Li 이온 어셈블리의 투시 횡단면도이다.
- 도 16a는 실시예 3에 기술된 단일 코어 Li 이온 어셈블리의 투시 횡단면도이다.
- 도 16b는 비교예 3에 기술된 단일 코어 Li 이온 어셈블리의 투시 횡단면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0070] 도 1a 및 1b에는, 젤리 롤 코어 구조물 및 원통형 형상을 가지는, 리튬 이온 코어 부재(102a 내지 102j)의 다중 코어(MC) 어레이(100)가 도시되어 있다. 여러 가지 형상 및 크기의 이온 코어 부재가 본 개시과 연관되어 이용될 수 있고, 특정한 예시적인 형상 및 크기가 아래에 기술된다. 전기 전도성 탭(104)의 세트가 각각의 코어 부재(102a 내지 102j)의 캐소드에 연결되고, 전기 전도성 탭(106)의 세트가 각각의 코어 부재(102a 내지 102j)의 애노드에 연결된다. 탭(104)은 또한 캐소드 모선(108)에 연결되고, 탭(106)은 애노드 모선(110)에 연결된다. 스폿 용접 또는 레이저 용접 기술을 이용하여, 캐소드 탭(104) 및 애노드 탭(106)을 모선(108, 110)에 용접한다. 모선(108, 110)은, MC 외장(116)의 외부에서, 음의 단자(112) 및 양의 단자(114)에 각각 상호 연결된다. 이러한 구성에서, 모든 이온 코어 부재(102a 내지 102j)가 병렬로 연결되나, 당업자에게 자명한 바와 같이, 이온 코어 부재들은 직렬로 연결될 수 있거나 다른 구성으로 연결될 수 있다.
- [0071] 도 1b에서, MC 외장(116)은 기밀하게 밀봉된다. 이온 코어 부재가 적절히 분리되어 수용될 수 있도록, 그에 따라 충전 및 방전 반응 중에 제한된 팽창이 이루어지고 그에 의해서 개별적인 이온 코어 부재의 기계적 상호작용을 방지할 수 있도록, 외장(116)의 일부분일 수 있거나 분리된 부분일 수 있는 지지 구조물(120)이 구축된다.

바람직하게는, 외장(116)은 플라스틱 또는 세라믹 재료로 제조되나, 금속으로도 제조될 수 있다. 만약 금속이 이용된다면, 노출된 스틸은 바람직하지 않고, 임의의 스틸 컨테이너는 니켈과 같은 불활성 금속으로 코팅될 필요가 있을 것이다. 바람직한 금속은 알루미늄, 니켈, 또는 사용되는 화학물질에 대해서 불활성인 기타 금속이다. 화학적 및 전기화학적 환경에 대해서 불활성이기만 한다면, 많은 유형의 플라스틱 및 세라믹이 이용 가능하다. 플라스틱 및 세라믹의 예는 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 알루미늄, 지르코니아이다. 외장(116)은, 발화가 외장의 내부에 도달하는 것을 방지하기 위한 목적으로 외장의 외부에 부착된 난연성 메쉬를 포함할 수 있다.

[0072] 외장(116) 내에서는, 세라믹, 그리고 폴리프로필렌, 폴리에틸렌과 같은 플라스틱, 또는 알루미늄 폼과 같은 기타 재료로 제조될 수 있는 전기적으로 절연된 지지 부재(120)가 리튬 이온 코어 영역(118) 내에 위치된다. 지지 부재(120)는, 충격이 발생할 때, 손상으로부터 코어 부재를 보호하기 위해서 충분한 변형성/압축성을 가져야 한다. 또한, 배터리의 충전 및 방전 중에 열을 분산시켜 균일한 온도 분포를 생성하는 것에 의해서, 그리고 하나의 코어 부재의 열 폭주를 유발하는 내부 단락과 같은 심각한 불량 중에 열을 발산하는 것에 의해서, 적용예에 맞춰 열 전도도를 맞추는 것이 요구된다. 적절한 열 분산 특성은 코어들 사이의 연쇄적인 폭주 가능성을 제한할 것이다. 전해질이 코어 부재의 가혹 조건 중에 방출된다면, 지지 부재는 그러한 지지 부재 내에 구속될 수 있는 전해질에 대해서도 흡수력을 가질 수 있다.

[0073] 변형 가능한 그리고 운동 에너지를 흡수하는 지지 부재(120)가 예시적인 실현예에서 바람직하는데, 이는 그러한 지지 부재가 보다 큰 면적에 걸쳐 충격 하중을 분산시켜 각각의 코어 부재(102a 내지 102j)에서의 국지적인 변형의 양을 감소시키고, 그에 의해서 전기 단락 회로의 가능성을 감소시키기 때문이다. 운동 에너지 흡수 재료의 예로서, 알루미늄 폼, 플라스틱 폼, 다공성 세라믹 구조물, 벌집형 구조물, 또는 기타 개방 구조물과 같은 폼, 섬유 충전형 수지 및 페놀계 재료가 있다. 플라스틱 및 수지 재료를 위한 섬유 충전재의 예가 유리 섬유 또는 탄소 섬유일 수 있다. 에너지 흡수재를 함유하는 알루미늄의 예로는 개방형 또는 폐쇄형 기공을 가지는 알루미늄 폼, 알루미늄 벌집형 구조물 및 Altucore™ 및 CrashLite™ 재료와 같은 가공된 재료가 있다. 지지 부재는 충격, 충돌 또는 다른 기계적 가혹 조건 중에 붕괴되므로, 내부의 기계적으로 유도되는 단락을 피하기 위해서, 코어는, 가능한 한 많이, 침입으로부터 보호되는 것이 중요하다. 이는 보다 안전한 구조물을 생성한다.

[0074] 에너지 흡수재는, 반동하지 않고, 장거리에 걸쳐 비교적 일정한 응력으로 압축 또는 편향되는 것에 의해서, 운동역학적 기계적 에너지를 일반적으로 흡수하는 재료의 종류이다. 스프링이 다소 유사한 기능을 하나, 스프링은 반동하고, 그에 따라 스프링은 에너지 흡수재가 아니라 에너지 저장 장치이다. 인가된 응력이 운동 에너지 흡수 재료의 "충돌 정체부(crush plateau)"(도 1c의 150 참조)를 일단 초과하면, 에너지 흡수재가 재료의 변형의 약 50% 내지 70%까지 비교적 일정한 응력으로 압축되기 시작할 것이다. 이러한 응력/변형 곡선의 연장된 섹션은 이상적인 에너지 흡수재의 거동을 한정한다. 이러한 구역 내에서, 곡선 아래의 면적은 응력 x 변형의 결과물(product), 또는 "일(work)"을 나타낸다. 지지 부재(120)와 같은 유한한 크기의 에너지 흡수재 재료의 실제 블록에서, 이는 이하와 같이 표현될 수 있을 것이다:

[0075] 힘 x 변위

[0076] 이하를 이해할 수 있을 것이다:

[0077] 힘(파운드) x 변위(피트) = 일(피트 파운드)

[0078] 그리고

[0079] 일(피트 파운드) = 운동 에너지(피트 파운드)

[0080] 지지 부재(120)를 압축하기 위해서 수행될 수 있는 일은, 지지 부재(120)에 충격을 가할 수 있는 질량체의 운동 에너지와 등가이다. 적절한 두께 및 압축 강도로 설계되었을 때, 당업자에게 자명할 바와 같이, 운동 에너지 흡수 재료로 제조될 수 있는 지지 부재(120)가, 예를 들어 전기 차량의 충돌에서, 배터리에 가해지는 충격의 운동 에너지 모두를 흡수할 수 있다. 더욱 중요하게는, 지지 부재(120) 내의 화물 즉, 리튬 이온 코어 부재(102a 내지 102j)가 재료의 충돌 강도(이하에서 정의됨) 보다 더 큰 힘을 받지 않을 것이다. 그에 따라, 일정한 힘으로 제어된 거리에 걸쳐서 충격을 가하는 질량체의 에너지를 흡수하는 것에 의해서, 질량체가 구조물에 직접적으로 충격을 가하는 경우에 발생하여 잠재적으로 심각한 결과를 초래할 수 있는 집중된 높은 에너지/높은 힘 충격을, 보호된 구조물, 즉 리튬 이온 코어 부재(102a 내지 102j)는 견딜 필요가 없다.

[0081] 하중이 에너지 흡수 재료로 제조된 구조물로 인가될 때, 그러한 구조물은 영률(Young's modulus) 방정식에 따라서 초기에 탄성적으로 구부러질 것이다. 그러나 AI 폼의 이러한 특별한 예에서는, 구조물 크기에 따라 변형의

약 4% 내지 6%(도 1c의 152)에서, 구조물이 구부러지기 시작하고 비교적 일정한 응력으로 계속 붕괴될 것이다. 이러한 A1 폼 재료의 경우에, 재료의 초기의 상대적인 밀도에 따라서, 이러한 일정한 붕괴가 변형의 약 50% 내지 70%(도 1c의 154)까지 진행할 것이다. 그러한 지점에서, 에너지 흡수 재료가 "조밀화" 국면으로 진입함에 따라, 응력/변형 곡선은 상승하기 시작할 것이다. 재료가 탄성적 변형 국면으로부터 소성적 변형 국면으로 전이되는 응력/변형 곡선 내의 지점이 재료의 "충돌 강도"를 한정한다.

[0082] 4% 내지 6% 전이와 50% 내지 70%의 변형 사이의 곡선의 길고 비교적 편평한 섹션(재료의 가능한 변형 값의 약 45% 내지 65%를 커버함)은 "충돌 정체부"로 지칭된다. 운동 에너지 흡수 재료의 이러한 특유한 특징으로 인해서, 그러한 재료가 반송되는 화물을 보호하는 한편, 충격을 가하는 질량체의 운동 에너지를 흡수하는 데 있어서 매우 유용하게 된다.

[0083] 코어 부재를 추가로 보호하기 위해서, 금속, 세라믹 또는 플라스틱으로 제조된 원통형 재료가 코어 구조물 주위의 슬리브(121)(도 1a)로서 부가될 수 있을 것이다. 이러한 슬리브는 라이너 재료의 외측에서 개별적인 코어 주위에 직접적으로 부가될 수 있거나, 지지 부재 내에서 공동 구조물의 내부에 적용될 수 있을 것이다. 이는 날카로운 물체가 코어를 침입하는 것을 방지한다. 비록 하나의 슬리브 만이 도면에 도시되어 있지만, 각각의 코어 부재마다 슬리브가 포함될 수 있다는 것을 용이하게 이해할 수 있을 것이다.

[0084] 대안적으로는, 지지 부재(120)가, 충전 재료(162)를 수용하는 도 1d에 도시된 바와 같은 개방 영역(160)과 함께 설계될 수 있다. 충전 재료의 예로서, 중공형이거나 조밀할 수 있는, 불규칙적 또는 규칙적으로 성형된 매체가 있다. 중공형 매체의 예로서, 다양한 압력의 힘에서 압축 가능하게 제조될 수 있고 충돌 보호를 위한 에너지 흡수체로서 기능을 하기 위한 목적을 가지는, 금속, 세라믹 또는 플라스틱 구체가 있다. 구체적인 예로서, 알루미늄 중공형 구체, 알루미늄 또는 지르코니아의 세라믹 연마 매체 및 폴리머 중공형 구체가 있다.

[0085] 하나의 코어가 가혹 조건 중에 열 폭주를 경험하는 경우에, 지지 부재(120) 전체를 통해서 열을 신속하게 전달하도록 그리고 배터리 전체를 통해서 열을 균일하게 분산시키도록 또는 코어들 사이의 열 노출을 제한하도록 지지 부재는 최적화될 수도 있다. 더 우수한 안전성 이외에도, 이는, 최대 작동 온도를 제한하는 것에 의해서 배터리 수명을 연장시킬 것이고, 배터리 열 관리를 없애거나 배터리의 소극적인 열 관리를 가능하게 할 것이다. 가장 중요하게는, 지지 부재(120)의 열적 특징이 불량 코어 부재로부터 다른 코어 부재로 불량이 전파되는 것을 방지하는데 도움이 되는데, 이는 재료의 최적화된 열 전달 특성 및 불꽃 전파를 방해할 수 있는 능력 때문이다. 이러한 재료는 흡수성도 나타내기 때문에, 누출되는 전해질을 재료 내로 흡수할 수 있고, 이는 심각한 불량의 심각성을 감소시키는데 도움을 줄 수 있다.

[0086] 지지 부재(120)는, a) 안전성 및 높은 에너지 밀도 모두를 위해서 배터리를 최적화하기 위한 이온 코어 부재(102a 내지 102j)의 분포를 허용하는 것에 의해서, b) 냉각을 허용하는 동시에, 이온 코어 부재(102a 내지 102j)의 급속한 열 전파를 방해하는 것에 의해서, c) 이온 코어 부재(102a 내지 102j) 및 반응성 화학물질을 위한 보호용 충돌 및 충격 흡수 구조물을 제공하는 것에 의해서, 그리고 d) 불꽃 억제력을 통한, 널리 인지된 내화 재료의 이용에 의해서, MC 배터리의 전체적인 안전성을 증가시킨다.

[0087] 각 공동마다 하나의 코어씩, 리튬 이온 코어 부재(102a 내지 102i)를 수용하기 위해서, 원통형 공동(122)이 지지 부재(120) 내에 형성된다. 이러한 구성에서, 원통형 공동(122)은, 리튬 이온 코어 부재(102)의 직경보다 약간 더 큰 직경을 가지는 개구부(126)를 구비한다. 개구부(126)는 외장(116) 내의 공유형 대기 영역(128)과 대면하고 그러한 공유형 대기 영역에 대해서 노출된다. (활성 코어 부재들 사이의 밀봉을 기밀하게 제공하는 캔 또는 폴리머 백과 같은) 개별적인 보다 작은 외장을 구비하지 않고, 코어 부재의 애노드/캐소드도 공유형 환경 영역(128)에 직접적으로 노출된다. 캔형 코어 부재의 배치는 제조 비용을 절감할 뿐만 아니라, 안전성도 증가시킨다. 코어 부재의 불량 및 결과적인 발화의 경우에, 방출되는 가스가 공유형 환경 영역(128)을 점유할 수 있고, 이는 전형적인 개별적 '캔형' 코어 부재에서 이용 가능한 것보다 상당히 더 큰 부피를 제공한다. 캔형 코어 부재 압력이 축적되면, 가스가 점유할 수 있는 보다 큰 부피를 제공하고 그에 따라 압력 축적 감소를 제공하는 본 발명보다 폭발 가능성이 더 커지게 된다. 또한, 전형적으로, 캔은 본 발명의 구조물보다 상당히 더 높은 압력에서 파단되고, 그에 따라 본 발명으로는 더 가벼운 불량 모드를 초래한다.

[0088] 지지 부재(120)와 리튬 이온 코어 부재(102a 내지 102i) 사이에 배치되는 얇은 공동 라이너(124)는 각각의 공동(122) 내에 배치된다. 전형적으로, 모든 공동 라이너(이러한 경우에, 공동의 수에 상응하는 10개)가 단일체형 공동 라이너 부재(124')의 일부로서 형성된다. 바람직하게, 라이너는 폴리프로필렌, 폴리에틸렌, 또는 전해질에 대해서 화학적으로 불활성인 임의의 기타 플라스틱으로 제조된다. 라이너는 세라믹 또는 금속 재료로 제조될 수도 있으나, 이들은 더 고가이고 바람직하지 않다. 그러나 지지 부재가 전기적으로 전도성인 경우에, 코어 부재

를 지지 부재로부터 전기적으로 절연시키기 위해서, 라이너가 반드시 전기적으로 절연되어야 한다. 공동 라이너는 여러 가지 이유로 중요하다. 첫 번째로, 공동 라이너는 수분 및 전해질 불투과성이다. 두 번째로, 공동 라이너는 발화를 급히 소화할 수 있는 내연제를 수용할 수 있고, 세 번째로, 공동 라이너는 용이하게 밀봉 가능한 플라스틱 재료가 밀폐형 밀봉체 내에 전해질을 수용할 수 있게 한다.

[0089] 제조 중에, 공동들(122)은 동시에 전해질로 충전될 수 있고, 그런 다음, 연속되는 제조 공정 중에 동시에 용량에 맞춰 형성되고 분류될 수 있다. 형성 공정은 셀을 일정 전압으로, 전형적으로는 4.2 V로 충전하는 것, 그런 다음, 셀을 이러한 전위에서 12시간 내지 48시간 동안 유지시키는 것으로 이루어진다. 용량 분류는 충전/방전 공정 중에 이루어지고, 여기에서 셀은 2.5 V와 같은 낮은 전압까지 완전히 방전된 다음, 가장 높은 전압까지, 전형적으로 4.2 V 내지 4.5 V 범위까지 충전되고, 이후에 다시 방전되고, 그러한 방전 중에 용량이 기록된다. 충전/방전 공정에서의 비효율성으로 인해, 정확한 용량 분류를 획득하기 위해서 복수의 충전/방전 사이클이 요구될 수 있다.

[0090] 공동 라이너는 각각의 코어 부재 내로 정확하고 일정한 양의 전해질이 도입될 수 있게 하는데, 이는 공동 라이너가 코어와 꼭 끼워 맞기 때문이다. 충진을 달성하기 위한 하나의 방식은, 충전될 수 있으며 전해질을 공동 내로 도입하고 처리한 후에 밀봉될 수 있는 외장(116) 내의 관통 구멍을 이용하는 것이다. 약 3 Ah 용량을 가지는 젤리 롤 유형의 코어 부재는 밀도 및 주변의 다공성 재료에 따라 약 4 g 내지 8 g의 전해질을 필요로 한다. 전체 젤리 롤이 건조한 영역 없이 롤 전반에 걸쳐 균등하게 습윤되도록 전해질 충진이 이루어진다. 각각의 코어 부재는 0.5 g 이내의, 그리고 훨씬 더 바람직하게는 0.1 g 이내의, 또한 훨씬 더 바람직하게는 0.05 g 이내의 변동으로, 코어마다 균등한 양의 전해질을 가지는 것이 바람직하다. 변동은 전체 전해질량에 따라 조정되고, 전형적으로 코어마다 총 전해질량의 5% 미만 또는 훨씬 더 바람직하게는 1% 미만이다. 어셈블리를 진공 내에 배치하는 것은 이러한 충전 공정을 돕고, 전극의 완전하고 균등한 습윤에 있어서 중요하다.

[0091] 코어 부재들(102) 사이의 불량 전파를 경감하는 것과 같은, 전술한 안전성 특징을 여전히 달성하면서도 원했던 배터리의 작동 특징을 달성하도록, 지지 부재(120) 내의 공동(122)의 크기, 간격, 형상 및 개수가 조정되고 최적화될 수 있다.

[0092] 도 2에 도시된 바와 같이, 지지 부재(220a 내지 220h)는, 바람직하게 7개 내지 11개 범위의 상이한 수의 공동을 가질 수 있으며, 지지 부재(220d 및 220h)의 경우에서와 같이 상이한 크기의 공동을 가지는 지지 부재를 포함한, 상이한 구성을 가질 수 있다. 공동의 수는 항상 2개를 초과하고, 상한선에 대해서는, 지지 부재의 기하 형태 및 젤리 롤 크기에 의한 것을 제외하고는, 특별한 제한이 없다. 실용적인 공동의 개수는 전형적으로 2개 내지 30개이다. 공동은, 지지 부재(220f) 내에서와 같이 균일하게 분포될 수 있거나, 지지 부재(220g)의 경우와 같이 엇갈릴 수 있다. 또한, 도 2에는, 도시된 지지 부재(220a 내지 220h)의 각각에 대해서, 공동 직경 및 공동 내로 삽입될 수 있는 코어 부재의 직경이 도시되어 있다. 또한, 각각의 구성에 대한 용량이 암페어 시간(Ah)으로 도시되어 있다.

[0093] 상이하게 성형된 공동 및 코어 부재 또한 이용될 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 지지 부재(320)는, 유사하게 성형된 코어 부재(302)를 수용하기 위해서 장방형 형상을 가지는 공동(322)을 포함한다. 도 4에서, 지지 부재(420)는, 유사하게 성형된 코어 부재(미도시)를 수용하기 위해서 장방형 공동(422) 및 원통형 공동(402)의 혼합을 가진다.

[0094] 도 5에는, 본 발명에 적합한, 코어 부재(502a)의 또 다른 형상이 도시되어 있다. 이는 젤리 롤 구조물이나, 이전에 기술된 바와 같은 원통형이나 장방형 형상 대신에 각형 형상의 것이다. 코어 부재는 애노드(530a), 캐소드(532a) 및 전기 절연성 세퍼레이터(534a)를 포함한다. 비록 이전의 도면에는 도시되지 않았지만, 각각의 코어 부재는 애노드와 캐소드 사이에 세퍼레이터를 포함한다. 코어 부재(502b) 또한 각형 형상이나, 적층형 구조가 이용되고, 애노드(530b), 캐소드(532b) 및 세퍼레이터(534b)를 포함한다.

[0095] 여태까지 코어 부재는 병렬로 전기적으로 연결되어 도시되었지만, 그것들은 직렬로 또는 병렬과 직렬 연결의 조합으로 연결될 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 삽입된 젤리 롤 코어 부재(602)와 함께 지지 부재(620)(알루미늄 폼 또는 폴리머 폼으로 제조됨)가 존재한다. 명료함을 위해서, 모선에 연결되는 코어 부재에 대한 탭을 도시하지 않았으나, 그러한 탭이 존재한다. 음의 배터리 단자 커넥터(640)는 저전압 모선(642)에 전기적으로 연결된다. 양의 배터리 단자 커넥터(644)는 고전압 모선(646)에 전기적으로 연결된다. 인접한 블록 모선(648 및 650)은 각각의 코어 부재를 그들의 각각의 행(row) 내에 병렬로 연결한다. 각각의 모선(642, 644, 648 및 650)은, 도시되지 않은, 코어 부재의 반대측 상의 상보적인 모선을 가진다. 모든 병렬 모선은 3개의 연결 바(652)를 통해서 개별적으로 직렬 연결되어, 직렬 전기 경로를 허용한다. 감지 케이블(654a 내지 654e)이 각각의 전기적

으로 특유한 지점 상에 배치되어, 직렬 시스템 내의 병렬로 연결된 젤리 롤 전압 지점의 각각에 걸친 전압 레벨의 검출을 허용한다. 이러한 와이어는 또한, 충전 및 방전 중에 동일한 충전 상태에서 코어 부재를 유지하기 위한 밸런싱 전류를 제공하기 위해서 이용될 수 있고, 피드 스루 콘택(feed through contact)(656)에 연결된다. 셀 밸런싱 시스템의 당업자는, 직렬로 연결된 코어를 가지는 본 발명의 유닛 내에서의 그러한 연결의 목적을 인식할 것이다.

- [0096] 도 6b는, 지지 부재(320)를 수용하는 외장(616)을 도시한다. 외장(616)은, 초음파 용접을 통해서 기밀하게 밀봉된 플라스틱 덮개(658) 및 상자(660)로 이루어진다. 덮개(658) 측에 반대되는 외장(616)의 말단부에, 피드 스루 감지 콘택(656)이 위치된다. 덮개(658)로부터, 음의 배터리 단자 커넥터(640) 및 양의 배터리 단자 커넥터(644)가 연장된다. 커넥터 감지 콘택의 위치와 관련한 여러 가지 배열체가 당업자에 의해서 달성될 수 있다는 것 그리고 또한 발명의 목적을 위해서 상이한 직렬 또는 병렬 배열체 셀이 이용될 수 있다는 것을 이해할 수 있다.
- [0097] 금속 덮개의 경우에, 레이저 용접과 같은 용접 방법으로 덮개가 폐쇄되고, 플라스틱의 경우에, 접착제(글루)가 이용될 수 있거나, 열 용접 방법 또는 초음파 용접 방법 또는 그들의 임의의 조합이 이용될 수 있다. 이는 적절하게 밀봉된 MC 배터리를 제공한다. 젤리 롤은 외장 내부에서 병렬로 또는 직렬로 연결된다.
- [0098] 모든 피드스루, 감지, 파워, 압력, 등이 기밀하게 밀봉될 필요가 있다. 기밀한 밀봉은 약 1 atm 이상의 내부 압력 및 진공을, 바람직하게는 1.2 atm 초과를 견뎌야 한다. 또한, 밀봉이 허용하는 것보다 낮은 내부 압력으로 세팅된 환기부(vent)가 컨테이너에 수용될 수 있다.
- [0099] 균형 및 감지 능력을 제공하기 위한 다른 방식은, 컨테이너 외부의 커넥터가 개별적인 코어 부재 각각에 연결될 수 있게 하는 개별적인 코어 부재의 양의 단자 및 음의 단자 각각으로부터의 외부 리드를 제공하는 개별적인 커넥터를 가지는 것이다. 균형 회로는 직렬 셀의 전압의 불균형 또는 충전 상태를 검출하고, 당업자에게 공지된 소극적 또는 적극적 균형 수단을 제공할 것이다. 연결 리드는, 배터리로부터 파워를 제공하기 위한 목적으로 셀로부터 전류를 유도하는 수단을 제공하는 단자로부터 분리되고, 전형적으로, 셀이 하나의 컨테이너 내에서 직렬로 연결될 때에만 사용된다. 개별적인 젤리 롤을 통한 파워 전류가 감지 회로를 통해서 흐르는 것을 방지하기 위해서, 감지 리드가 선택적으로 컨테이너 외부에서 퓨즈화될 수 있다.
- [0100] 외장에 대한 기계적 충격 시에, MC 배터리가 외장의 외부적으로 단락 회로화될(short circuited) 수 있도록, 외장(116, 616)은 계란 케이스 형상의 벽(700)(도 7a)으로 구성될 수 있다. 알루미늄으로 제조된, 벽(700)의 계란 케이스 형상의 부분(702)은, 폴리에틸렌 플라스틱으로 제조된 비 전도성 재료의 플레이트(704)와 접촉한다(충격 이전). 알루미늄 또는 기타 전도성 재료로 제조된 제2 플레이트(706)는 플라스틱 플레이트(704) 아래에 위치된다. 계란 케이스 형상의 재료(702)는 MC 배터리의 음극 또는 양극에 연결되고, 다른 전도성 플레이트(706)는 반대 극에 연결된다. 충돌에서와 같은 충격, 못 침입 또는 벽에 가해지는 비정상적인 압력 시에는, 계란 케이스 형상의 벽(702)이 압축되고, 그에 따라 플라스틱 플레이트(704)가 침범되고, 콘택 지점(708a 내지 708d)(도 7b) 외부에서 전도성 플레이트(706)와 접촉하여, MC 배터리 내에서 외부 전기 단락 회로를 생성한다.
- [0101] 전형적으로, 개별적인 코어 부재는, 전술한 바와 같이, 내부 모선에 의해서 연결된다. 종종 모선 공통 커넥터는 와이어 또는 플라스틱 코팅형 와이어일 수 있다. 또한, 모선 공통 커넥터는 구리, 알루미늄 또는 니켈과 같은 순수한 금속일 수 있다. 이러한 모선은 복수의 코어 부재를 직렬로 또는 병렬로 연결하고, 다중 코어 부재 구조물 내에서 커넥터로 전류를 전달할 수 있는 능력을 가지며, 그에 따라 다중 코어 어레이에 대한 외부 연결을 허용한다. 외부 모선의 경우에, 각각의 젤리 롤로부터 외장을 통한 개별적인 피드 스루 커넥터가 필요할 것이다.
- [0102] 내부 모선이 이용되건 또는 외부 모선이 이용되건 관계없이, 모선은 코어 부재들 사이에 퓨즈를 제공하도록 구축될 수 있다. 이는, 모선의 횡단면이 특정 전류만을 반송하도록 제한되는 지역을 생성하는 것 또는 코어 부재를 모선에 연결하는 탭의 크기를 제한하는 것에 의한 것을 포함하는, 다양한 방식으로 달성될 수 있다. 모선 또는 탭은, 하나의 스탬핑 제조된 단편(piece)으로, 또는 기타 금속 형성 기술로, 또는 모선의 구획(division)을 퓨즈 배열체와 연결하는 제2 부분을 이용하는 것에 의해서 구축될 수 있다. 예를 들어, 만약, 10개의 코어 부재의 애노드 탭 및 캐소드 탭이 10 mm<sup>2</sup>의 횡단면 표면적을 각각 가지는 모선에 의해서 서로 연결되는, 구리 모선의 2개의 직사각형 횡단면 지역이 이용된다면, 모선 상의 적어도 하나의 지역이 모선의 나머지에 비해서 감소된 표면적을 가지도록 제조될 수 있다. 이는, 퓨즈 작용이 이루어지고 전류 반송 능력이 제한되는 위치를 제공한다. 이러한 퓨즈 지역은, 바람직하게 각각의 코어 부재 사이에서, 그러나 많은 셀의 경우에 가장 효과적으로 중간 지점에서, 모선의 하나 이상의 지점에 위치될 수 있다. 만약 외부 단락이 발생하였다면, 이러한 퓨즈는 코어 부재의 가열을 제한할 것이고 잠재적으로 열 폭주를 방지할 것이다. 또한, 제조 결함으로 인한 또는 코어 부재 내로 침입하여 셀에 대한 내부 단락을 유발하는, 못과 같은, 가혹 조건의 이벤트 중의 외부 침입으로

인한, 코어 부재 내의 내부 단락의 경우에, 이러한 퓨즈 배열체는 다른 병렬 코어에 대해 오작동 코어를 차단함으로써, 내부 단락으로 전달되는 전류의 양을 제한할 수 있다.

[0103] 외장 내부의 공간은, 코어 부재에 대해 더 적은 충격이 가해질 수 있게 하는 폼 또는 기타 구조물과 같은 충격 흡수 재료로 충전될 수 있고, 그에 의해서 내부 단락의 위험을 추가로 감소시킨다. 이러한 강건화(ruggedization)는 또한 내부 내용물의 자체-진동 주파수를 외장으로 천이시켜, 충격 및 진동에 대한 저항력 및 기계적 수명 증가를 제공하는 수단을 제공할 수 있다. 바람직하게, 충전 재료는, 셀의 열 폭주 중에 발생할 수 있는 임의 발화를 소화할 수 있게 하거나, 동일한 열 폭주 중에 용융되어 과도한 열을 흡수하여 셀의 가열을 제한할 수 있게 하는, 난연성 재료를 포함하여야 한다. 이는, 심각한 이벤트의 경우에 증가된 안전성을 제공한다. 난연제의 예는 Hanser Gardner Publications에 의해서 간행된 폴리우레탄 안내서(Polyurethanes Handbook) 또는 US 5198473에 기술된 바와 같은, 공개된 공학 문헌 및 편람에서 발견될 수 있다. 폴리우레탄 폼 이외에, 예폭시 폼 또는 유리 섬유 울(glass fiber wool) 및 유사한 비 화학적 또는 전기 화학적 활성 재료가 외장 내에 있는 빈 공간 내에서 충전 재료로서 이용될 수 있다. 특히, 플라스틱, 금속 또는 세라믹으로 제조된 중공형 또는 조밀형 구체 또는 불규칙적으로 성형된 미립자가 저비용 충전재로서 이용될 수 있다. 중공형 구체의 경우에, 이것들은, 다중 코어 셀의 충돌 시나리오 중에, 부가적인 에너지 흡수 수단을 제공할 것이다. 특별한 경우에, 지지 부재는 알루미늄 폼이다. 또 다른 특별한 경우에, 지지 부재는 알루미늄 밀도가 10% 내지 25%인 조밀한 알루미늄 폼이다. 또 다른 특별한 경우에, 알루미늄 폼 내의 기공이 1 mm 미만의 평균 직경을 가진다. 추가적인 예시적인 실현예에서, 아래에서 더 상세히 기술되는 흡열 재료/시스템이 외장 내부의 빈 공간 내로 유리하게 도입되거나, 그렇지 않으면 외장 내부의 빈 공간과 관련이 있을 수 있다.

[0104] MC 배터리가 병렬로 배열된 코어 부재만을 가지는 경우에, 코어 부재는, 파워를 위해서 최적화된 하나 이상의 코어 부재 및 에너지를 위해서 최적화된 하나 이상의 코어 부재를 포함할 수 있다. 또 다른 특별한 경우에, MC 배터리는, 특정 재료를 이용하는 애노드 또는 캐소드를 가지는 일부 코어 부재 및 상이한 재료를 이용하는 애노드 및 캐소드를 이용하는 다른 코어 부재를 가질 수 있다. 또 다른 특별한 경우에, 애노드 또는 캐소드는 상이한 두께의 전극들을 가질 수 있다. 배터리의 에너지 대 파워 비율을 맞추기 위한 목적으로, 여러 가지 전극 두께, 캐소드 또는 애노드 활성 재료, 또는 전극 구성(formulation)을 가지는 것의 임의의 조합이 병렬 배열로 조합될 수 있다. 일부 코어 부재는 빠른 파워 펄스를 견디도록 구성될 수 있고, 한편 다른 코어 부재는 높은 에너지 저장을 위해서 최적화될 수 있으며, 따라서 높은 에너지 내용량을 가지는 한편, 높은 파워 펄스를 취급할 수 있는 배터리를 제공할 수 있다. 그러나 선택된 화학적 성질에 대해서 전압 윈도우 내에서 화학적 안정성을 제공하도록, 코어 부재는 전기화학적으로 어울리는 화학적 성질을 가지는 것이 중요하다.

[0105] 예를 들어, 4.2 V의 상한 전위(upper potential)가 이용되고 약 2 V 내지 2.5 V의 하한 전위(lower potential)가 이용되지만 한다면, LiCoO<sub>2</sub> 캐소드는 LiNi<sub>0.8</sub>Co<sub>0.15</sub>Al<sub>0.05</sub>O<sub>2</sub> 캐소드와 매치될 수 있으나, 전위가 4.2 V를 초과할 때, 예를 들어 4.3 V가 될 때에, 예를 들어 마그네슘 도핑된 LiCoO<sub>2</sub> 재료는 NCA 재료와 매치되지 않아야 하는데, NCA 재료가 더 높은 전압에서 열화되기 때문이다. 그러나 후자의 예에서, 상한 전위가 4.2 V로 제한되지만 한다면, 2개의 재료가 혼합될 수 있다. 정확한 전압 범위 내의 혼합된 캐소드 재료를 이용하는 것이 본 발명의 목적이고, 본 발명자는 높은 에너지 또는 높은 파워에 특히 유용한 특정 조합을 발견하였으며, 이에 대해서는 추후의 설명에서 구체적으로 설명한다.

[0106] 파워 및 에너지 최적화는, 전기 전도도 증가를 위해서 더 높은 정도의 전도성 첨가제를 이용하는 것과 같이 전극의 구성을 조정하는 것에 의해서, 또는 상이한 두께의 전극을 이용하는 것에 의해서 발생할 수 있다. 부가적으로, 에너지 코어는 하나의 세트의 활성 재료(캐소드 및 애노드)를 가질 수 있고, 파워 코어는 또 다른 유형의 재료를 가질 수 있다. 이러한 방법을 이용할 때, 분해를 방지하기 위해서, 이러한 재료들은 2.5 V 내지 4.2 V와 같은 또는 높은 전압 조합의 경우에 2.5 V 내지 4.5 V와 같은 매치된 전압 범위를 가지는 것이 바람직하다. 상한 전압은 4.2 V 초과로 특징지어지고, 전형적으로는 Li 이온 다중 코어 배터리 내의 절연된 코어 부재마다 5 V 미만이다.

[0107] 이하는, 본 발명과 함께 이용될 수 있는 애노드, 캐소드, 세퍼레이터 및 전해질에 관한 설명이다.

[0108] 애노드

[0109] 그래파이트, 도핑된 탄소, 경질 탄소(hard carbon), 비정질 탄소, 실리콘(예를 들어, 실리콘 나노 입자 또는 Si 필라(pillar) 또는 탄소를 가지는 분산형 실리콘), 주석, 주석 합금, Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub>, Li, 금속 포일 기판상으로 증착된 Li, Li를 가지는 Si, 그래파이트 내의 혼합된 Li 금속 분말(mixed in Li metal powder in graphite), 리튬 티

타네이트 및 이의 임의의 혼합물과 같이, 이러한 코어 부재의 애노드는 Li 이온 또는 Li 폴리머 배터리에서 일반적으로 발견되며, 문헌에 기재되어 있다. 애노드 공급자로는, 예를 들어, Morgan Carbon, Hitachi Chemical, Nippon Carbon, BTR Energy, JFE Chemical, Shanshan, Taiwan Steel, Osaka Gas, Conoco, FMC Lithium, Mitsubishi Chemical을 포함한다. 본 발명은 임의의 특별한 애노드 화합물로 제한되지 않는다.

[0110] 캐소드

[0111] 젤리 롤을 위해서 이용되는 캐소드는 일반적으로 산업계 표준의 캐소드이고, 또한 이하에서 더욱 구체적으로 설명되는 일부의 새로운 고전압 혼합물이다. 이러한 새로운 캐소드는 MC 구조물 내에서 또는 단일 셀 배터리 내에서 이용될 수 있는데, 이때, 애노드/캐소드 구조물은 밀봉된 금속 캐니스터 또는 밀봉된 폴리머 백 내에 수용된다. 산업계에서 입수할 수 있는 캐소드 재료가 풍부하므로, 본 설명에서 각각의 재료 그룹과 관련된 재료의 분류를 "화합물"이라 지칭하고; 각각의 화합물은 소정 범위의 조성을 가질 수 있고, 결정 구조, 화학적 조성, 전압 범위 적합성, 또는 재료 조성 및 구배(gradient) 변화에서의 유사성을 기초로 그룹화된다. 적합한 개별적인 재료의 예로는,  $Li_xCoO_2$ (화합물 A로 지칭됨),  $Li_xM_2Co_yO_2$ (화합물 B로 지칭되고, 여기에서 M은 Mg, Ti 및 Al로부터 선택되고 결정 격자 내에서 Co 또는 Li를 부분적으로 치환하고  $Z=0\%$  내지  $5\%$  범위로 첨가되고, 전형적으로 W는 1에 근접하고, 4.2 V 초과의 충전에 적합함),  $Li_xNi_aMn_bCo_cO_2$ (특히 약  $a=1/3$ ,  $b=1/3$ ,  $c=1/3$ 의 조합(화합물 C) 그리고  $a=0.5$ ,  $b=0.3$ ,  $c=0.2$ (화합물 D) 그리고 이의 Mg 치환형 화합물(양자 모두 화합물 E로 그룹화됨))가 있다.

[0112] 또 다른 예는  $Li_xNi_dCo_eAl_fO_2$ (화합물 F) 및 이의 Mg 치환형 유도체  $Li_xMg_yNi_dCo_eAl_fO_2$ (화합물 G)이고, 여기서, 특별한 경우에  $d=0.8$ ,  $e=0.15$ ,  $f=0.05$  이나, d, e 및 f는 몇몇 퍼센트 다를 수 있고, y는 0 내지 0.05 사이의 범위를 가진다. 개별적인 캐소드 재료의 또 다른 예는  $Li_xFePO_4$ (화합물 H),  $Li_xCoPO_4$ (화합물 I),  $LiMnPO_4$ (화합물 J) 및  $Li_xMn_2O_4$ (화합물 K)이다. 이러한 화합물 모두에서, 과도한 리튬이 전형적으로 발견되나 ( $x>1$ ), X는 약 0.9로부터 1.1까지 변화될 수 있다. 4.2 V 초과로 충전될 때 큰 용량을 가지는, 고전압에 특히 적합한 부류의 재료는, 예를 들어, Thackeray 등에 의해 미국 특허 제7,358,009호에 기술된, 소위 층상형-층상형 재료이고, BASF 및 TODA로부터 상업적으로 입수 가능하다(화합물 L).

[0113] Thackeray에 의해서 처음 설명된 화합물은 4.2 V 초과의 전압에서 안정적이 될 수 있다. 이러한 캐소드의 일부는 4.2 V 초과(애노드로서 그래파이트를 이용하는 표준 최고 전압)의 고전압에서 안정적이고, 그러한 재료들이 바람직하게 혼합될 수 있다. 비록 위의 재료들 중 하나가 본 발명에 이용될 수 있지만, B, C, D, E, F, G, I, J 및 L로부터 선택된 재료 화합물 중 둘 이상을 혼합하는 것이 바람직하다. 특히 화합물 B, D, F, G 및 L 중의 둘 이상의 성분의 혼합물이 바람직하다. 매우 높은 에너지 밀도 구성을 위해서, (B 및 L) 또는 (B 및 G) 또는 (G 및 L)의 혼합물이 가장 유리하고, 이들이 얇은 전극으로서 제조될 때에도 높은 파워가 달성될 수 있다. 동일한 적합한 전압 범위 및 화학적 성질을 가지면서, 에너지 대 파워 비율을 맞추기 위하여, 얇고 (파워) 두꺼운 (에너지) 전극이 코어 부재 내로 도입될 수 있다.

[0114] 특별한 새로운 캐소드, 소위 코어 셸 구배(core shell gradient, CSG) 재료(화합물 M으로 지칭됨)는 그 셸에 비해 그 코어에서 상이한 조성을 가진다. 예를 들어, Ecopro(웹사이트 [www.ecopro.co.kr](http://www.ecopro.co.kr) 또는 <http://ecopro.co.kr/xe/?mid=emenu31>, 2010년 10월 1일자) 또는 특허 공개 제PCT/KR2007/001729호는 제품 문헌에서 그러한 화합물 M 재료를  $xLi[Ni_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}]O_2(1-x)Li[Ni_{0.46}Co_{0.23}Mn_{0.31}]O_2$ 와 같은 "CSG 재료"(코어 셸 구배)로서 설명하고 있고, 또 다른 M형 화합물은 Y-K Sun(ElectrochimicaActa Vol. 55 Issue 28, p. 8621~8627)에 의해 기술되어 있고, M형 화합물에 관한 세 번째 기술은 Nature Materials 8(2009), p. 320~324(YK Sun 등의 논문)에서 찾아 볼 수 있는데, 이 문헌은 유사한 조성을 가지나 식이  $Bulk=Li(Ni_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1})O_2$ , 구배 농도 =  $Li(Ni_{0.8-x}Co_{0.1+y}Mn_{0.1+z})$ , 여기에서  $0<x<0.34$ ,  $0<y<0.13$  및  $0<z<0.21$ 인 CSG 재료; 및 표면층 =  $Li(Ni_{0.46}Co_{0.23}Mn_{0.31})O_2$ 를 설명한다. 추가적인 설명은 WO 2012/011785A2에서 찾아 볼 수 있는데, 이는  $Li_{x1}[Ni_{1-y1-z1-w}Co_{y1}Mn_{z1}M_{w1}]O_2$ (여기에서, 위의 식에서,  $0.9<x1<1.3$ ,  $0.1<y1<0.3$ ,  $0.0<z1<0.3$ ,  $0<w1<0.1$ 이고, M은 Mg, Zn, Ca, Sr, Cu, Zr, P, Fe, Al, Ga, In, Cr, Ge 및 Sn으로부터 선택된 적어도 하나의 금속이다)로서 설명된 화합물 M의 변이형의 제조를 설명하며; 그리고 외부 부분은  $Li_{x2}[Ni_{1-y2-z2-w2}Co_{y2}Mn_{z2}M_{w2}]O_2$ (여기에서, 외부 식(exterior formula)에서,  $0.9<x2<1+z2$ ,  $0<y2<0.33$ ,  $0<z2<0.5$ ,  $0<w2<0.1$ 이고, M은 Mg, Zn, Ca, Sr, Cu, Zr, P, Fe, Al, Ga, In, Cr, Ge 및 Sn으로부터 선택된 적어도 하나의 금속임)의 화합물을 포함한다. 화합물 M의 변이형의 모든 4개의 범위는 본 개시의 여러 가지 양태에서 이용되는 화합물 M에 대한 참조로서 본 설명에 포함

된다.

- [0115] M 화합물은, 약 1일 수 있으나 몇 퍼센트 이내에서 변화될 수 있는 Li 함량을 더 가질 수 있다는 점, 그리고, 최적화에 의해서, Li 또는 Ni/Mn/Co 화합물이 Mg, Al 및 제1행 전이 금속(first row transition metal)으로 치환될 수 있다는 점은 바람직하고, Li 이온 배터리에서의 이용을 위해서 위에 기술된 바와 같이 이러한 M 화합물 중 하나 이상을 화합물 B, C, D, E, F, G, L과 혼합하는 것이 바람직하다. 코어 화합물 M 재료는 90%까지의 니켈 및 5% 정도로 낮은 코발트 및 40%까지의 Mn을 함유할 수 있는 가능성이 높고, 그러면 구배는 이러한 경계 (boundary) 조성물 중 하나로부터 10% Ni, 90% 코발트 및 50% Mn만큼까지 낮게 진행될 것이다.
- [0116] 일반적으로, 애노드 및 캐소드를 위해서 본 발명에서 설명된 화합물 또는 혼합물의 얇은 전극을 이용하는 것에 의해서, 높은 파워가 달성될 수 있다. 두꺼운 전극은, 알루미늄 포일로부터 전극 코팅 층 두께를 측정할 때, 전형적으로 60  $\mu\text{m}$  초과인 두께로부터 약 200  $\mu\text{m}$ 까지인 것으로 간주되는 한편, 더 얇은 전극(즉, 60  $\mu\text{m}$  미만)은 높은 파워 Li 이온 배터리 구성에 더 적합하다. 전형적으로, 높은 파워를 위해서, 더 많은 카본 블랙 첨가제가 전극 구성에서 이용되어 전극을 보다 전기 전도적이 되게 한다. 캐소드 화합물은 Unicore, BASF, TODA Kogyo, Ecopro, Nichia, MGL, Shanshan 및 Mitsubishi Chemical과 같은 몇몇 재료 공급자로부터 구입할 수 있다. 화합물 M은 Ecopro로부터 입수할 수 있고, Ecopro의 제품 문헌에서 CSG 재료(예를 들어,  $[\text{Ni}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}]\text{O}_2(1-x)\text{Li}[\text{Ni}_{0.46}\text{Co}_{0.23}\text{Mn}_{0.31}]\text{O}_2$ 와 같은 CSG 재료)로서 설명되어 있고, 또 다른 M형 화합물도 Y-K Sun의 *ElectrochimicaActa* Vol. 55 Issue 28, p. 8621~8627에 기재되어 있으며, 이들 모두는 바람직하게 위에 기술된 화합물과 혼합될 수 있다.
- [0117] 고전압 캐소드 내로 둘 이상의 화합물로서 혼합된 화합물 A-M은, 바람직하게, 표면 개질제로 코팅될 수 있다. 표면 개질제가 이용될 때, 비록 필수적인 것은 아니지만, 각각의 화합물은 동일한 표면 개질제로 코팅되는 것이 바람직하다. 표면 개질제는 캐소드 혼합물의 제1 사이클 효율 및 방전 용량비(rate capability)를 증가시키는데 도움이 된다. 또한, 표면 개질 재료를 적용하는 것으로 유효 수명은 개선된다. 표면 개질제의 예로서는  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{AlF}_3$ 와 같은 금속 불화물, 금속 인화물  $\text{AlPO}_4$  및  $\text{CoPO}_4$ 가 있다. 그러한 표면 개질 화합물은 이전의 문헌(J. Liu et al, *J. of Materials Chemistry* 20 (2010) 3961~3967; ST Myung et al, *Chemistry of Materials* 17 (2005) 3695~3704; S.T. Myung et al *J. of Physical Chemistry C* 111 (2007) 4061~4067; ST Myung et al *J. of Physical Chemistry C* 1154 (2010) 4710~4718; BC Park et al, *J. of Power Sources* 178 (2008) 826~831 ; J. Cho et al, *J of Electrochemical Society* 151 (2004) A1707~A1711)에 기술된 바 있으나, 4.2 V 초과인 전압에서 혼합된 캐소드와 함께 보고된 바는 없다. 특히, 4.2 V 초과에서 동작하기 위해서는 표면 개질된 화합물 B, C, D, E, F, G, L 및 M을 혼합하는 것이 유리하다.
- [0118] 캐소드 재료는 결합제 및 켄젠 블랙(ketjen black)과 같은 카본 블랙, 또는 기타 전도성 첨가제와 혼합된다. N-메틸피롤리돈(NMP)은 전형적으로 결합제를 용해시키기 위해서 이용되고, 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF)는 Li 이온을 위한 바람직한 결합제인 한편, Li 폴리머 유형은 다른 결합제를 가질 수 있다. 캐소드 슬러리는 안정적 점도로 혼합되고, 이는 당해 분야에 잘 알려져 있다. 화합물 A-M 및 위에 기술된 그것들의 혼합물은 본 설명에서 종종 집합적으로 "캐소드 활성 재료"로 지칭된다. 유사하게 애노드 화합물은 애노드 활성 재료로 지칭된다.
- [0119] 캐소드 전극은, 예를 들어, 전술한 화합물 A-M의 혼합물 또는 개별적인 화합물과 같은 캐소드 화합물을 약 94% 캐소드 활성 재료 및 약 2% 카본 블랙 및 3% PVDF 결합제에서 혼합함으로써 제조될 수 있다. 카본 블랙은, AkzoNobel, Timcal 및 Cabot을 포함하는 복수의 공급자로부터 입수할 수 있는 켄젠 블랙, Super P, 아세틸렌 블랙 및 기타 전도성 첨가제일 수 있다. 슬러리는, 이러한 성분들을 NMP 용매와 혼합함으로써 생성되고, 이어서 슬러리는 약 20 마이크로미터 두께의 알루미늄 포일의 양 측면 위로 코팅되고, 약 100°C 내지 130°C에서 희망 두께 및 면적 중량으로 건조된다. 이어서, 이러한 전극은, 물에 의해서, 희망 두께 및 밀도로 캘린더 가공된다(calendared).
- [0120] 애노드가 유사하게 준비되나, 그래파이트의 경우에, 약 94% 내지 96% 애노드 활성 재료가 전형적으로 이용되는 한편, PVDF 결합제는 4%이다. 종종 스티렌-부타디엔 고무(SBR) 결합제가 CMC와 혼합된 캐소드를 위해서 이용되고, 그러한 유형의 결합제의 경우에, 약 98%의 비교적 많은 양의 애노드 활성 재료가 전형적으로 이용될 수 있다. 애노드의 경우에, 방전 용량비를 증가시키기 위해서 카본 블랙이 종종 이용될 수 있다. 애노드는 약 10 마이크로미터의 구리 포일 상에 코팅될 수 있다.
- [0121] 당업자는 기능적인 전극을 위해서 전술한 바와 같은 조성물들을 용이하게 혼합할 수 있을 것이다.

[0122] 충전 및 방전 중에 전극 팽창을 제한하기 위해서, 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP) 및 탄소의 섬유 재료가 선택적으로 전극 구성에 첨가될 수 있다. 기타 팽창 기술은, 전극 구성 내에서 SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub> 또는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 같은 불활성 세라믹 미립자를 이용한다. 일반적으로 캐소드의 밀도는 3 내지 4 g/cm<sup>3</sup>, 바람직하게 3.6 내지 3.8 g/cm<sup>3</sup> 이고, 그래파이트 애노드는 1.4 내지 1.9 g/cm<sup>3</sup>, 바람직하게 1.6 내지 1.8 g/cm<sup>3</sup>이며, 이는 프레스 가공에 의해서 달성된다.

[0123] 세퍼레이터

[0124] 세퍼레이터는 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 삽입되는 전기적 절연 필름의 형태를 취하고, 인장 방향 및 횡 방향으로 높은 강도 및 높은 침입 강도뿐만 아니라, Li 이온에 대해서 높은 투과성을 나타내야 한다. 기공 크기는 전형적으로 0.01 내지 1 마이크로미터이고, 두께는 5 마이크로미터 내지 50 마이크로미터이다. 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP) 또는 PP/PE/PP 구조물과 같은 부직형(non-woven) 폴리올레핀의 시트가 전형적으로 이용된다. 전형적으로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 이루어지는 세라믹은 필름 위로 도포될 수 있어, 가열 중의 수축을 개선하고, 내부 단락에 대한 보호를 개선할 수 있다. 또한, 캐소드 또는 애노드는 유사하게 세라믹으로 코팅될 수 있다. 세퍼레이터는 Celgard, SK, Ube, Asahi Kasei, Tonen/Exxon 및 WScope를 포함하는 산업계의 복수의 공급자로부터 입수될 수 있다.

[0125] 전해질

[0126] 용매 및 염을 함유하는 전해질은 산업계에서 전형적으로 발견된다. 용매는 전형적으로 DEC(디에틸 카보네이트), EC(에틸렌 카보네이트), EMC(에틸 메틸 카보네이트), PC(프로필렌 카보네이트), DMC(디메틸 카보네이트), 1,3디옥솔란, EA(에틸 아세테이트), 테트라히드로퓨란(THF) 중에서 선택된다. 염은 LiPF<sub>6</sub>, LiClO<sub>4</sub>, LiAsF<sub>6</sub>, LiBF<sub>4</sub>, 전해질 내에서 이용되는 황 또는 이미드 함유 화합물로서 LiCF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>, LiN(CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, LiN(CF<sub>3</sub>CF<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, 또는 EC/EMC/DMC(1:1:1 비율) 및 1M LiPF<sub>6</sub>와 같은 미리 혼합된 전해질을 통해서 SO<sub>2</sub>를 기포 발생시키는 것에 의한 일반적인 슬폰화를 포함하는 황 또는 이미드 함유 화합물 중에서 선택된다. 다른 염은 LiBOB(리튬 비스-옥살레이트 보레이트), TEATFB(테트라에틸암모늄테트라플루오로보레이트), TEMABF<sub>4</sub>(트리에틸메틸암모늄테트라플루오로보레이트)이다. BP(비페닐), FEC, 피리딘, 트리에틸포스파이트, 트리에탄올아민, 에틸렌디아민, 헥사포스포리크트리아미드, 황, PS(프로필렌설파이트), ES(에틸렌설파이트), TPP(트리페닐포스페이트), 암모늄 염, 탄소 테트라클로라이드 또는 에틸렌 트리플루오라이드와 같은 할로젠 함유 용매 및 부가적으로 고온 저장 특징을 개선하기 위한 CO<sub>2</sub> 가스를 포함하는, 효과적인 SEI 형성, 가스 발생, 불꽃 지연 특성 또는 산화환원 셔틀링 능력을 위한 첨가제 또한 이용될 수 있다. 고체/겔 또는 폴리머 전해질의 경우에는, PVDF, PVDF-HFP, EMITFSI, LiTFSI, PEO, PAN, PMMA, PVC, 이러한 폴리머의 임의의 혼합물이 다른 전해질 성분과 함께 이용되어 겔 전해질을 제공할 수 있다. 전해질 공급자에는 Cheil, Ube, Mitsubishi Chemical, BASF, Tomiyama, Guotsa-Huasong 및 Novolyte가 포함된다.

[0127] 슈퍼 커패시터(전기화학적 이중 층을 가지는 슈퍼 커패시터) 및 표준형 Li이온 배터리 모두에 대해서 작용하는 전해질이 존재한다. 그러한 전해질의 경우에, 하나 이상의 슈퍼커패시터 코어가 하나 이상의 정규의 Li 이온 코어 부재와 외장 내에서 혼합될 수 있고, 그에 따라 슈퍼커패시터 성분이 파워 작용물로서 역할을 하고 Li 이온 코어 부재가 에너지 수확 작용물로서의 역할을 한다.

[0128] 실시예 1

[0129] 이러한 실시예에서, 원통형 형상의 5개의 젤리 롤 유형 코어 부재 세트는, 도 1에 도시된 MC 배터리 구성과 유사한, 그러나 단지 절반의 개수의 코어 부재를 가지는, 2개의 공통 모선(양 및 음)에 병렬로 연결된다. 음의 커넥터는 젤리 롤의 애노드 포일(구리)로부터 연장되는 탭에 연결되고, 코팅된 그래파이트 전극을 가지며, 젤리 롤의 캐소드 포일(알루미늄)에 대한 양의 커넥터는 화합물 M 및 화합물 F의 혼합된 산화물 전극 구조물을 가진다. 니켈로 제조된 애노드 탭 및 알루미늄으로 제조된 캐소드 탭이 스폿 용접 또는 레이저 용접 기술을 이용하여 모선에 용접된다. 외장 및 지지 부재는 플라스틱 재료(폴리에틸렌)로 제조된다. 이러한 실시예에서, 직경이 18 mm인 원통형 공동 및 약간 더 작은 직경(17.9 mm)의 젤리 롤 코어 부재가 사용되었다. 외장 및 덮개는, 함께 초음파 용접되고 그에 의해서 기밀한 밀봉을 생성하는 플라스틱 재료로 제조된다. 환기부 및 애노드 및 캐소드 모선을 셀의 양 단자 및 음 단자에 연결하는 말단 피드 스루 구조물이 도입된 또 다른 외장 및 덮개 실시예는 알루미늄으로 제조될 수 있다.

[0130] 당업자는, 전술한 바와 같이, 코어 부재의 특성을 선택하고 변경할 수 있고, 높은 에너지 또는 높은 파워 코어를 달성할 수 있다. 아래에 나타낸 표는, 위에 기술된 5개의 코어 부재 실시예의 코어 조성을 변화시키면서, 그리고 달성될 수 있는 MC 배터리의 상이한 특성들과 함께, 3개의 실시예를 개략적으로 설명한다. 이 실시예에서, 원통형 형상의 5개의 젤리 롤 유형 코어 부재 세트는, 도 1에 도시된 MC 배터리 구성과 유사한, 그러나 단지 절반의 개수의 코어 부재를 가지는, 2개의 공통 모선(양 및 음)에 병렬로 연결된다. 음의 커넥터는 젤리 롤의 애노드 포일(구리)로부터 연장되는 탭에 연결되고, 코팅된 그래파이트 전극을 가지며, 젤리 롤의 캐소드 포일(알루미늄)에 대한 양의 커넥터는 화합물 M 및 화합물 F의 혼합된 산화물 전극 구조물을 가진다. 니켈로 제조된 애노드 탭 및 알루미늄으로 제조된 캐소드 탭이 스폿 용접 또는 레이저 용접 기술을 이용하여 모선에 용접된다. 외장 및 지지 부재는 플라스틱 재료(폴리에틸렌)로 제조된다. 이러한 실시예에서, 직경이 18 mm인 원통형 공동 및 약간 더 작은 직경(17.9 mm)의 젤리 롤 코어 부재가 사용되었다. 외장 및 덮개는, 함께 초음파 용접되고 그에 의해서 기밀한 밀봉을 생성하는 플라스틱 재료로 제조된다.

[0131] 당업자는, 전술한 바와 같이, 코어 부재의 특성을 선택하고 변경할 수 있고, 높은 에너지 또는 높은 파워 코어를 달성할 수 있다. 아래에 나타낸 표(표 2)는, 위에 기술된 5개의 코어 부재 실시예의 코어 조성을 변화시키면서, 그리고 달성될 수 있는 MC 배터리의 상이한 특성들과 함께, 3개의 실시예를 개략적으로 설명한다.

표 2

코어	실시예 1	실시예 2	실시예 3
1	3 Ah, 에너지 코어 M 캐소드	1.5 Ah, 파워 코어 D 캐소드	2.5 Ah, 파워 코어(0.8 F/0.2 D) 캐소드 혼합
2	3 Ah, 에너지 코어 M 캐소드	3.0 Ah, 에너지 코어 D 캐소드	3.0 Ah, 에너지 코어 M 캐소드
3	3 Ah, 에너지 코어 M 캐소드	3.0 Ah, 에너지 코어 D 캐소드	3.0 Ah, 에너지 코어 M 캐소드
4	3 Ah, 에너지 코어 M 캐소드	3.0 Ah, 에너지 코어 D 캐소드	3.0 Ah, 에너지 코어 M 캐소드
5	3 Ah, 에너지 코어 M 캐소드	1.5 Ah, 파워 코어 D 캐소드	3.0 Ah, 에너지 코어 M 캐소드
요약	모든 코어에서 동일한 특성	혼합된 파워 및 에너지 코어, 혼합된 용량, 동일한 전압	혼합된 파워 및 에너지 코어, 혼합된 용량, 혼합된 전압

[0133] 본 개시는 그 중에서도, 예컨대, 열/온도 조건을 관리하고, 잠재적인 열 폭주 조건의 가능성 및/또는 규모를 감소시킴으로써, 배터리의 안전성 및/또는 안정성에 기여하는 유리한 흡열 기능성을 제공하는 물질을 포함하는 유리한 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 실현예를 더 제공한다.

[0134] 비교 목적을 위해, 흡열 기체를 발생시키는 재료가 없는 기존 단열재의 열 폭주 중의 성능은 본 개시의 흡열 재료(들)이 있는 단열재의 성능보다 상당히 안 좋다. 리튬 이온 저장 장치의 경우, 200°C 내지 250°C의 온도 범위는 열 폭주 개시에 위험한 것으로 간주된다.

[0135] 각각

[0136] \* 본 개시에 따른 흡열 재료를 포함하는 단열재 [참고 M1 - 아래 표 3도 참조]; 및

[0137] \* 흡열 재료 없는 단열재 [참조 M2 - 진공 성형 및 열 접촉된 보드];

[0138] 예 수용된 여섯 개의 5 Ah Li 이온 셀을 포함하는 무정비 배터리 구조의 비교 시험에서, 단일 셀을 손상시켜 그 셀 및 인접한 셀들의 폭주를 유도하고, 온도를 측정하였다. 다음의 표 3의 결과를 얻었다:

표 3

	수용 재료	M1	M2	% 온도 감소
도달된 최대 온도 (°C)	사고 셀 (#3)	493	659	-25%
	인접한 셀 (#2)	67	168	-60%
	인접한 셀 (#4)	67	204	-67%

- [0140] 이들 결과는 다음을 명확하게 증명한다:
- [0141] 개시된 흡열 재료의 포함에 따른
- [0142] \* 손상된(사고) 셀의 최대 온도의 현저한 감소(25%); 및
- [0143] \* 인접한 셀의 최대 온도의 극적인 감소(60% 이상).
- [0144] 흡열 재료가 있으면 인접한 셀은 200℃ 미만으로 잘 유지되었으나, 흡열 재료가 없으면 인접한 셀의 온도는 200℃에 도달하거나 200℃를 초과하였음을 주목해야 한다.
- [0145] 본 개시의 단일 재료는 일반적으로 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리의 정상적인 작동 온도보다 높지만, 가열로 인한 열 폭주를 초래하기 쉬운, 미리 결정된 온도보다는 낮은 온도에서, 배기 기체를 처리(off-gassing)하도록 선택된 무기 흡열 재료와 조합된 세라믹 단일 매트릭스를 포함한다.
- [0146] 본 개시의 예시적인 구현예에 따르면, 흡열 재료의 양은 0보다 많고, 열 전달 및 기체 희석 효과를 제공하기에 효과적인 양이다. 중량 기준 1% 정도의 적은, 기체를 발생시키는 흡열 재료는 장치 설계에 따라 효과적일 수 있으나, 전형적으로는 더 많은 양이 요구되고/요구되거나 바람직할 것이다.
- [0147] 전형적으로, 세라믹 매트릭스 대 흡열 재료의 비율은 중량 기준 1:19 내지 9:1의 범위, 바람직하게는 중량 기준 1:9 내지 6:4의 범위일 수 있다. 원했던 기능성이 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 내에서 달성되기만 하면, 본 개시의 사상 또는 범위로부터 벗어나지 않고도 대안적인 상대적인 수준이 실현될 수 있다.
- [0148] 이러한 세라믹 매트릭스는 전형적으로 무기 섬유 및 결합제를 포함하며, 미립자 물질을 포함할 수 있다. 미립자 물질은 성질상 미세 다공성일 수 있고, 혼중 세라믹, 불투명체 및 이의 혼합물을 포함할 수 있다. 이러한 결합제는 액체 결합제, 건조 결합제 또는 양자 모두를 포함할 수 있고, 무기, 유기 또는 양자 모두일 수 있다. 불투명체는 존재할 수 있고, 생성물의 형태에 따라, 흡열 재료/시스템은 물 또는 기타 용매를 구성성분으로 포함할 수 있다.
- [0149] 전형적이지만 제한적이지 않은 제형을 아래 표 4에 기술하였다.

표 4

재료 카테고리	중량%
세라믹 산화물 분말	0~60 중량%
불투명체	0~30 중량%
흡열 재료	10~90 중량%
건조 결합제	0~10 중량%
액체 결합제	0~60 중량%

- [0150] 위에 언급된 성분들은 조성물의 60% 초과, 70% 초과, 80% 초과, 또는 90% 초과에 해당한다. 성분들의 비율은 생성물의 형태에 따라 다를 수 있다.
- [0151] 무기 섬유는 일반적으로 구조적 강도, 단일성을 제공하는 역할을 하고, 높은 온도에서 수축을 방지하는 역할을 한다. 이러한 섬유가 제공하는 구조적 강도는, 단일 재료가 정상적인 작동 중에 또는 열적 이벤트 중에 과도한 균열을 초래할 수 있는 굴곡 응력에 저항할 수 있게 한다. 이러한 섬유는 유기적이거나 순수한 탄소를 기반으로 하지 않으므로, 연소하지 않을 것이며, 따라서 발열성의 열 발생의 원인이 되지 않을 것이다. 높은 온도 탈선 중에, 이러한 섬유는, 900℃ 미만의 온도, 즉, 열적 이벤트 중에 종종 달성되는 온도에서, 연소 또는 용해되는 것들과는 달리, 섬유의 내화적 성질로 인하여, 일반적으로 매트릭스를 함께 잡아주는 역할을 할 것이다. 본 개시에 따라 이용될 수 있는 섬유로는 세라믹, E-유리, S-유리, 다결정, 인산, 침출 실리카, 석영 또는 지르코니아 섬유를 포함한다. 설계 기준에 따라, 무기 섬유는 없을 수 있지만, 전형적으로는 3% 이상의 양으로 존재한다.
- [0152] 미세 다공성 단일 재료는 전형적으로, 기공 크기가 너무 작아서 이러한 재료가 대류로 인한 기체의 평균적인 자유 경로를 방해하는 한편, 입자들 간의 접촉 지점을 최소화하는 것을 통해 전도를 최소화하는 무기 산화물을 포함한다. 미세 다공성 재료로 활용되는 전형적인 재료는 세라믹 산화물 분말, 예를 들어, 혼중 실리카, 혼중 알루미늄, 혼중 지르코니아, 또는 이의 혼합물이다. 본 개시의 예시적인 구현예에 필요한 미세 다공성 재료의 양은 일반적으로는 에너지 저장/배터리 어셈블리의 특징의 함수이다. 본 개시에 따르면, 미세 다공성 재료는 0%

(즉, 비 존재)부터 최대 60% 미세 다공성 재료로 이루어지는 구현예까지의 수준으로 개시된 흡열 재료/시스템에 포함될 수 있다. 미세 다공성 성분의 목적은 일반적으로는, 외부로 흐르는 열 유속이 영향 받은 셀 외부의 임의의 지점을 열적 발화점을 초과하여 상승시키지 않으면서 전도에 의해 어셈블리 전체를 통해 전달될 수 있는, 충분히 낮은 수준까지 영향 받은 셀을 단열시키는 데에 있다. 예를 들어, 에너지 저장 장치/배터리의 전반적인 설계가 충분히 단열된 상대적으로 작은 셀을 포함하고/포함하거나, 에너지 저장 장치/배터리가 상대적으로 낮은 에너지 용량을 특징으로 할 경우, 임의의 미세 다공성 재료가 필요하게 될 경우는 거의 없다. 그러한 환경에서는, 세라믹 섬유 매트릭스 재료의 단열 특성이 충분할 수 있다. 그러나 단열된 셀이 높은 수준의 잠재적인 열 에너지를 수용한다면, 인접한 셀들이 발화점을 초과하여 상승하는 것을 방지하는 한편, 온도가 충분히 높아지면 흡열 재료가 반응하여 에너지를 흡수할 시간을 제공하기 위해서는, 상대적으로 많은 양의 미세 다공성 재료가 필요하고/필요하거나 바람직할 수 있다.

[0154] 불투명체는 온도가 복사열 수준까지 상승하는 열 전복(thermal upset) 조건 중에 단열 재료의 성능을 향상시킬 수 있는 성분이다. 불투명체에 대한 필요성은 일반적으로 미세 다공성 성분에 대한 위의 설명과 유사한, 에너지 저장 장치/배터리의 열 방출 특성에 의존한다. 열적 이벤트 중 온도가 복사열 온도에 도달할 정도로 충분히 높은 경우, 불투명체는 생성된 임의의 복사열의 전송을 늦추는 데 도움을 줄 것이다. 이러한 적용예에서, 미세 다공성 물질도, 섬유 매트릭스도, 이의 조합도, 그들 자체는 복사열 전달에는 효과적이지 않다. 일반적인 불투명체 재료로는 TiO<sub>2</sub>, 실리콘, 알루미늄, 점토(불투명체 및 결합제 모두로서 작용할 수 있음), SiC 및 중금속 산화물이 포함된다. 이들 불투명체는 정상적인 작동 온도 또는 열적 이벤트 중에는 더 낮은 온도에서도 본 개시에 따른 임의의 기능을 제공하지 않는다. 이러한 불투명체는 고비용이고, 매우 밀도가 높은 경향이 있어서, 저장 장치/배터리에 중량을 더한다. 에너지 저장 유닛/배터리의 설계 및 열적 이벤트 중의 열 방출의 특성에 따라, 불투명체 첨가 범위는 일반적으로 0 내지 30퍼센트이다.

[0155] 흡열 재료 성분은 본 개시의 예시적인 구현예에 따라 현저한 이점을 제공한다. 대부분의 에너지 저장 장치/리튬이온 배터리는 60℃ 이하에서 잘 작동하는 것으로 알려져 있다. 본 개시의 개시된 흡열 재료/시스템은 일반적으로 이러한 온도, 그러나 바람직하게는 영향 받은 셀 및 인접한 셀에서 온도 상승을 최소화하기 위하여, 열적 이벤트 도중, 흡열 재료/시스템이 그러한 이벤트의 초기 순간에 발생된 열 에너지를 흡수하기 시작할 수 있을 정도로 낮은 온도를 초과하여, 각각의 흡열 반응(들)을 시작하도록 설계 및/또는 선택된다. 일단 설정된 수준이 정상적인 작동 온도를 초과하면, 이러한 흡열 재료는 열을 흡수하고 기체를 방출한다. 이러한 방출 기체는 열을 희석시키고, 중화하고, 전달하는 역할을 한다. 또한, 갑작스러운 열 발생은 에너지 저장 장치 내의 환기부로 하여금 기체 배출을 개시하도록 신호를 보내거나 환기부가 기체 배출을 개시하게 하는 데에 이용될 수 있다. 필요한 또는 원하는 흡열 재료의 양은 일반적으로는 장치 구조, 나머지 단열성 재료 성분들의 에너지 밀도 및 열 전도도에 달려 있다. 중량 기준 76% 이상의 흡열성 기체를 발생시키는 재료가 구비된 흡열 재료/시스템이 고려되지만, 상이한 비율 및/또는 범위가 본 개시의 사상 또는 범위로부터 벗어나지 않고 이용될 수 있다.

[0156] 또한, 흡열성 기체를 발생시키는 재료의 양은 원하는 기체 발생 부피를 달성하고자 조절될 수 있고, 유형 선택은 흡열성 기체 발생이 일어날 온도를 설정하는 데 이용될 수 있다. 고도의 단열 시스템에서는 더 높은 온도가 바람직할 수 있으나, 더 낮은 정도의 단열 시스템에서는 인접한 셀의 온도가 결정적인 발화 온도에 도달하는 것을 방지하기 위하여 더 낮은 온도가 요구될 수 있다. 이러한 요건을 충족시키는 전형적인 무기 흡열 재료로는 다음의 흡열 재료를 포함하나, 이에 한정되지 않는다:

표 5

광물	화학식	대략적인 분해 개시(℃)
네스퀘호나이트	MgCO <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O	70~100
석고	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	60~130
인산마그네슘 팔수화물	Mg <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O	140~150
수산화알루미늄	Al(OH) <sub>3</sub>	180~200
히드로마그네사이트	Mg <sub>5</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	220~240
도소나이트	NaAl(OH) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	240~260
수산화마그네슘	Mg(OH) <sub>2</sub>	300~320
탄산마그네슘 서브하이드레이트	MgOCO <sub>2(0.96)</sub> H <sub>2</sub> O <sub>(0.3)</sub>	340~350
베마이트	AlO(OH)	340~350

수산화칼슘	Ca(OH) <sub>2</sub>	430~450
-------	---------------------	---------

- [0158] 위에서 언급한 바와 같이, 이들 흡열 재료는 전형적으로, 가능하게는 기타 탄산염 또는 황산염과 조합된, 하이드록실 또는 함수 성분을 함유한다. 대안적인 재료로는 비 함수 탄산염, 황산염 및 인산염을 포함한다. 일반적인 예는 중탄산나트륨일 것으로, 이는 50°C 초과 시에 분해되어 탄산나트륨, 이산화탄소 및 물을 제공한다.
- [0159] 본 개시의 또 다른 구현예에서, 다중 코어 전기화학 어셈블리 내의 젤리 롤 또는 밀폐된 젤리 롤 유닛은 하우스징(예컨대, 첨부된 가 특허 출원의 도 6의 하우스징(20) 참조) 내에 위치될 수 있는데, 여기서 개별적인 젤리 롤 또는 밀폐된 젤리 롤 유닛은 하우스징 재료 또는 하우스징 재료의 조합에 의해 분리된다. 상업적으로 이용 가능한 밀폐된 젤리 롤 유닛의 예는 산요, 파나소닉, 소니, 삼성, LG, 보스턴-파워 및 기타 여러 회사에서 구입할 수 있는 18650, 183765, 26650 및 기타 유형의 Li 이온 셀이다. 각각의 젤리 롤 또는 밀폐된 젤리 롤 유닛은 부분적으로 또는 전체적으로 하우스징 재료에 의해 둘러싸인다. 하우스징을 이용하는 목적 중 하나는 열적 가혹 조건 시 젤리 롤 사이에서의 열 전파를 지연시킴으로써 안전성을 증가시키는 것이다. 하우스징의 또 다른 목적은, 몇 가지 기계적 불량을 언급하자면, 하우스징이 없었다면 발생했을 충격 에너지, 외부 침입을 흡수함으로써, 구조물에 대한 진동 손상의 방지에 의해, 젤리 롤 또는 밀폐된 젤리 롤 유닛을 기계적으로 보호하는 것이다. 하우스징은 상이한 구조 및 포맷을 가질 수 있다. 하우스징은 블록 내의 원통형 구멍일 수 있는데, 여기서 개별적인 젤리 롤은 이들 구멍 안에 보유될 수 있다. 하우스징은 젤리 롤들 사이에 삽입되거나 개별적인 젤리 롤들을 감싸서 그것들을 분리하고, 제자리에 고정시키고, 일부 기계적인 지지를 제공하는, 플레이트, 패브릭 패드, 또는 메쉬일 수 있다. 이러한 하우스징 재료는 알루미늄 폼, 니켈 폼 및 스테인리스 스틸 폼과 같은 금속 폼일 수 있다. 이들 폼의 공급업체로는 Cymat과 ERG가 포함된다. 또한, 이러한 하우스징 재료는 알루미늄, 실리케이트 기반의 세라믹 및 ZrO<sub>2</sub> 등과 같은, 고체의, 다공성 또는 미세 다공성 세라믹일 수 있다. 재료 공급업체로는 ERG, CeramaTec, Morgan Advanced Materials, Saint Gobain, Zircar, 및 Coors가 포함된다. 구체적인 재료로는 다음의 판매회사:재료 유형을 포함하나, 이에 한정되지 않는다; CeramTec: 다공성 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 합성물(V 38 알루미늄): 96% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ZIRCAR CERAMICS: 미세 다공성 SiO<sub>2</sub>-SiC 합성물(MICROSIL): SiO<sub>2</sub>: 85%, SiC: 15%; Morgan Advanced Materials: 미세 다공성 세라믹(Min-K, BTU-BLOCK 및 Kaowoo): Kaowoo: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>; Refractory Specialties: 미세 다공성 세라믹(MicroCell): MicroCell S: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 10%~35% 기타 55%; Inducerceramic: 다공성 세라믹(TC1250, TC1600 및 TC1750): Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 합성물(TC1250 내 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 45%, TC1600 내 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 72% 및 TC1750 내 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 96%). 하우스징 재료는 나아가, Al, 스테인리스 스틸, Ni, 그래파이트 및 탄소 합성물과 같은, 금속 및 탄소 재료일 수 있다. 더 나아가, 하우스징 재료는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 에틸렌 및 프로필렌 공중합체 및 테프론과 같은 폴리머 재료일 수 있다. 본 발명의 일 구현예에서, 적어도 하나의 열 흡수체가 이러한 하우스징 재료로 혼입되어 복합 하우스징 재료를 형성한다. 이러한 열 흡수체는 합성물로서 이러한 재료 사이에, 재료의 기공 내에, 또는 재료 하우스징 내의 포켓 내에 배치될 수 있다. 이러한 열 흡수체는 특정 전이 온도에서 상승된 온도를 가지는 젤리 롤로부터 화학적 반응 또는 물리적 변형을 통해 열을 흡수할 것이다. 화학적으로 열을 흡수하는 재료의 한 가지 예는 중탄산나트륨이다. 온도가 50°C를 초과할 때, 중탄산나트륨은 흡열적으로 탄산나트륨, 이산화탄소 및 물로 분해된다.
- [0160] 본 개시의 추가적인 예시적 구현예에서, 복수의 흡열 재료가 동일한 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 내로 도입되며, 이때, 구성요소인 흡열 재료들은 상이한 온도에서 그것들 각각의 흡열 반응들을 개시한다. 예를 들어, 중탄산나트륨은 [ATH(알루미늄 삼산화물)로도 알려진] Al(OH)<sub>3</sub>와 결합되어 본 개시에 따른 이중 반응 흡열 재료/시스템을 제공할 수 있다. 그러한 예시적인 실현예에서, 중탄산나트륨은 50°C를 약간 초과하면 에너지를 흡수하고 기체를 방출하기 시작할 것으로 예상할 수 있으나, ATH는 시스템 온도가 대략 180~200°C에 도달할 때까지 에너지를 흡수하고 기체를 방출하는 것을 개시하지 않을 것이다. 따라서, 본 개시에 따르면, 이러한 흡열 재료는 단일 재료이거나 흡열 재료들의 혼합물일 수 있음이 특별히 고려된다.
- [0161] 일부 재료는 두 가지 이상의 분해 온도를 갖는다는 점을 주목해야 한다. 예를 들어, 200~240°C 범위에서 시작하는 분해 온도를 가지는 것으로 위에 언급된 히드로마그네사이트는 다음 단계들로 분해된다: 먼저, 약 220°C에서 결정화의 물 방출에 의해; 그 다음, 약 330°C에서 수산화 이온의 분해에 의해 더 많은 물 방출; 그 다음, 약 350°C에서 이산화탄소 방출. 그러나 이러한 분해 단계들은 고정되어 있으며, 열이 흡수되는 온도 및 기체가 생성되는 온도의 조절을 허용하지 않는다.

- [0162] 상이한 분해 온도를 갖는 둘 이상의 흡열 재료들의 혼합물을 이용함으로써, 한 가지 재료를 단독으로 이용하는 것보다 더 넓은 온도 범위에 걸쳐 냉각 효과가 조절될 수 있다. 둘 이상의 흡열 재료들은 하나 이상의 기체를 발생시키는 재료와 조합된, 하나 이상의 비 기체 발생 흡열 재료를 포함할 수 있다.
- [0163] 상이한 분해 온도에서 기체를 방출하는 둘 이상의 흡열 재료들의 혼합물을 이용함으로써, 한 가지 재료를 단독으로 이용하는 것보다 더 넓은 온도 범위에 걸쳐 기체의 생성이 조절될 수 있다. 따라서 맞춤형 열 흡수 및 기체 방출 프로파일을 제공하기 위하여 이용되는 흡열 재료들의 수와 성질을 맞출 수 있다. 상이한 흡열 재료들을 혼합하는 것에 의한 그러한 열 흡수 및 기체 방출의 맞춤형은 이러한 재료가 이용되는 기기의 설계 요건을 충족하기 위한 온도 및 압력 전개의 제어를 가능하게 한다.
- [0164] 단열재의 결합제 상은 성질상 무기 또는 유기일 수 있으나, 바람직하게는 무기이다. 결합제 상의 목적은 장치를 조립하고, 정상적인 작동 중에 셀들을 제자리에 유지시키기 위하여, 적절한 구조적인 완전성을 제공하는 것, 그리고 선택적으로는 열적 이벤트 중에 기계적인 안정성을 제공하는 것이다. 결합제의 유형 및 양은 조립 및 이용 중 기계적 성능에 필수적인 바람직한 강성을 허용하도록 변경할 수 있다. 매우 유연한 단열 재료를 허용하는 결합제의 예는 천연 및/또는 합성 라텍스 재료이다. 하나 이상의 전분이 이용되어 더욱 단단한 형성물을 생성할 수 있다. 특히, 높은 수준의 미세 다공성이 이용될 때, 열경화성 결합제 또한 이용될 수 있다. 유기 결합제가 바람직하지 않은 적용예의 경우, 예를 들어, 규산나트륨, 규산칼륨, 콜로이드 규산 및 콜로이드 알루미늄과 같은, 그러나 이에 한정되지 않는, 무기 결합제가 유리하게 이용된다. 카올린과 같은 내화성 점토(들) 또한 바인더(들)로 이용될 수 있다. 또한, 이들 점토는 물을 함유하는데, 물은 매우 높은 온도에서 흡열 방식으로 휘발되어, 개시된 시스템에서 추가적인 이점을 제공한다. 모든 무기 결합제는 이용되는 형성 공정에 따라 용액/현탁액으로 또는 건조한 형태로 단열 재료에 첨가될 수 있다.
- [0165] 본 개시의 흡열 재료/시스템과 관련하여 개시된 모든 성분 재료들이 일반적으로 적용되는 제조 경로와 양립할 수 있는 것은 아님을 주목해야 한다. 이러한 이유로, 특정 에너지 저장 장치/배터리의 설계 요건이 필수적인 및/또는 원하는 제조 경로에 영향을 줄 수 있다. 특정 적용예를 위한 제조 방법(들)을 선택하는 데 있어서, 다음을 주목해야 한다:
- [0166] a. 부서지기 쉬운 재료는 기계적 가혹 조건 중에 균열 없이 변형될 수 있는 재료만큼 좋지 않다. 따라서, 개시된 흡열 재료/시스템의, 취성을 최소화하고 변형 가능성을 증가시키는 제조 방법 및 제형이 일반적으로 바람직하다.
- [0167] b. 경질 재료와 비교하여, 젤리 물을 관통할 수 없어 내부 단락을 유발할 수 없다는 점에서 연질인 재료가 일반적으로 바람직하다. 한편, 경질 재료는 강도를 증가시킬 수 있으므로, 충돌이 완화될 수 있고, 젤리 물을 보호할 수 있다. 따라서, 개시된 흡열 재료/시스템을 제조하는 데 있어서, 언급된 연질/경질 속성의 균형을 최적화하는 제조 방법 및 제형이 일반적으로 바람직하다.
- [0168] c. 일단 셀 또는 모듈이 변형되면, 흡열 보호물은 충돌 후에도 가능한 한 균질하여 열 보호물이 온전하도록 하는 것이 바람직하다. 따라서, 균질성을 제공하는 제조 방법 및 제형이 일반적으로 바람직하다.
- [0169] d. 흡열 재료/시스템이 물을 함유하고, 물에 민감한 에너지 저장 장치와 이용되는 경우라면, 관련된 전기적 저장 장치의 정상적인 작동 온도에서 흡열 재료/시스템과 연관된 물의 증기압은 바람직하게는 낮다.
- [0170] e. 복수의 전기적 저장 장치를 포함하는 장치의 상이한 영역들은 상이한 수준의 흡열 재료들을 요구할 수 있고, 따라서 그 영역 전반에 상이한 농도의 흡열 재료를 가지는 재료가 적용될 수 있다. 예를 들어, 이러한 재료는
- [0171] o 재료의 대부분 내의 영역보다 더 높은 농도의 흡열 재료를 가지는 표면 영역; 및/또는
- [0172] o 재료의 상이한 표면 영역보다 더 높은 농도의 흡열 재료를 가지는 표면 영역
- [0173] 을 포함할 수 있다.
- [0174] 예로써, 네 가지 예시적인 제조 방법론/제형 조합을 아래에 기술하였다. 그러나 본 개시는 이들 예시적 양태에 의해 또는 이들 예시적 양태에 한정되지 않는다.
- [0175] 건식 가압 성형법
- [0176] 본 개시에 따른 개시된 흡열 재료/시스템의 한 가지 예시적인 제조 방법은 먼저 구성성분들을 함께 건조 혼합한 다음, 미세 다공성 구조가 형성될 때까지 원하는 초기 형상으로 가압 성형하는 것이다. 높은 습태 강도가 요구되는 경우, 건조 열 경화성 결합제가 혼합 단계에 첨가될 수 있으며, 이러한 경우, 기체가 흡열 재료로부터 발

생하는 온도보다는 낮지만, 열 경화성 결합제를 세팅하기에 충분히 높은 온도에서 형상이 유지된다. 이것은 가압 성형 단계 도중에 또는 그 이후에 이루어질 수 있다. 일단 완료되면, 그에 따른 형상은 지정된 디자인으로 기계 가공될 수 있다. 이러한 제조 경로에 대한 전형적인 제형을 아래에 제공하였다.

**표 6**

**전형적인 건조 가압 성형된 형상의 제형**

재료 카테고리	중량%
세라믹 분말	0~60 중량%
불투명체	0~30 중량%
흡열 재료	10~60 중량%
건조 결합제	0~10 중량%
섬유	3~15 중량%

[0177]

모재 침입법

[0178]

본 개시에 따른 개시된 흡열 재료/시스템의 대안적 예시적인 제조 방법에서, 생성물은, 섬유 성분이 먼저 형상으로 미리 성형되고(모재), 이어서 나머지 성분들을 함유하는 현탁액으로 침입시키는 공정에서 형성된다.

[0179]

이러한 모재는 펄프 성형, 종이 및 세라믹 섬유 형상과 같은 기타 산업에 의해 채택되는, 흔히 적용되는 진공 성형 기법을 이용하여 생성될 수 있다. 이러한 공정들에서는, 액체에 섬유 성분이 묻은 현탁액(슬러리)이 메쉬 스크린에 노출되는데, 액체(전형적으로는 물)가 빠져나올 때 메쉬 스크린 상에 슬러리 성분들이 축적된다. 이러한 슬러리의 농도는 이용되는 공정 및 섬유 성질과 매치시키기 위하여 달라진다. 유기 또는 무기 결합제 또한 이 단계에 도입될 수 있다. 일단 이러한 형상(또는 평평한 재료)이 원하는 두께로 쌓이면, 그것을 현탁액으로부터 제거하여, 충분한 취급 강도 및 노출 기공률이 달성되어 침입을 허용할 때까지 건조시킨다.

[0180]

침입법은 본 개시의 나머지 비 섬유 성분들로 이루어진 현탁액 내로 이러한 모재(또는 평평한 재료)를 침지시킴으로써 달성될 수 있다. 모세관 작용이 현탁액을 다공성으로 끌어들이며, 이 공정에서 공기를 이동시킨다. 필요한 경우, 침입법은 진공 또는 압력의 적용을 통해 보조될 수 있다. 그런 다음, 침입된 부분을 건조시켜 물을 제거한다. 일단 물이 제거되면, 결합제가 (만일 존재한다면) 경화될 것이다. 그런 다음, 그에 따라 얻어진 재료는 필요하다면 더 기계 가공 및/또는 처리될 수 있거나, 적당한 경우 그대로 이용될 수 있다.

[0181]

이러한 제조 경로는 높은 흡열 재료 로딩을 가지는 제형을 생성하고, 용이하게 80% 로딩을 달성하며 그럼에도 더 높은 로딩으로 연장 가능하도록 하는 데 적합하다. 표 7은 전형적인 섬유 모재의 건조 성분들을 나타낸 것이다(여기서 액체 결합제에 대한 참조가 있는데, 이는 액체 결합제의 세팅 잔여물을 의미한다).

[0182]

**표 7**

**전형적인 섬유 모재 제형(건조)**

재료 카테고리	중량%
세라믹 산화물 분말	-
불투명체	-
흡열 재료	-
건조 결합제	0~10 중량%
액체 결합제	10~40 중량%
섬유	50~90 중량%

[0183]

다음의 표 8은 전형적인 침입 현탁액을 나타낸다(여기서, 액체 결합제에 대한 참조가 있는데, 이는 세팅 전의 액체 결합제를 의미한다).

[0184]

**표 8**

**전형적인 침입 현탁액**

재료 카테고리	중량%
세라믹 산화물 분말	-

[0185]

불투명체	0~20 중량%
흡열 재료	4~85 중량%
건조 결합제	0~5 중량%
액체 결합제	0~40 중량%
섬유	-
물	15~45 중량%

[0186] 이러한 제조 경로에 의해 생산된, 본 개시의 결과로서 생성된 최종 형상에 대한 전형적인 조성을 아래에 제공하였다(여기서, 액체 결합제에 대한 참조가 있는데, 이는 액체 결합제의 세팅 잔여물을 의미한다).

**표 9**

[0187] **침입 부분에 대한 전형적인 최종 제형**

재료 카테고리	중량%
세라믹 산화물 분말	-
불투명체	0~16 중량%
흡열 재료	32~80 중량%
건조 결합제	0~5 중량%
액체 결합제	2~40 중량%
섬유	10~18 중량%

[0188] 진공 성형법

[0189] 이러한 침입 기술의 한 가지 특징은 비 섬유 구성성분들의 농도 구배의 존재이다. 농도는 외부 표면에서 최대이고, 중심을 향하여 감소된다. 이것은 단일 매트릭스가 필터로서 작용하여, 침입물이 표면을 더 멀리 이동할 때 그것을 제한함으로써 초래된다. 불균일한 분포를 감소시키기 위한 한 가지 방법은 모든 성분들을 가진 개시된 흡열 재료/시스템을 하나의 단계에서 형성하는 것이다. 이러한 예시적인 진공 성형 제조 방법에서, 모든 구성성분 재료들은 초기의 묽은 슬러리 현탁액 내로 도입된다. 그러면 이러한 현탁액은 펄프 성형, 종이 및 세라믹 섬유 산업에서 흔히 적용되는 표준 진공 성형 기법을 통해 원하는 형상(또는 평평한 재료)로 형성된다. 그런 다음, 그에 따른 부분 또는 종이는 건조되어, 제조된 대로 이용되거나, 더 기계 가공된다.

[0190] 이러한 기법은 더욱 균질한 형상을 생성하는 장점이 있으나, 매우 높은 로딩의 비 섬유 성분들을 가진 제형을 생산하는 데에는 그다지 적합하지 않다. 이는 현탁액이 견인되는 능력을 방해하는 형성 스크린의 블라인딩(blinding, 틈새 메우기) 때문이다. 따라서, 이러한 기법은 종이, 또는 단면이 10 mm 미만의 두께인 네트 형상과 같은, 얇은 생성물에 더욱 적용 가능하다. 물 현탁액의 사용은 일반적으로 혼중 산화물의 사용을 방해하는데, 이들 재료는 일단 물에 노출되면, 미세 다공성 구조물을 생성할 수 없기 때문이다.

[0191] 다음의 표 10은 공정 물을 제외한 전형적인 진공 형성된 형상 화학을 나타낸 것으로, 여기서 액체 결합제에 대한 참조가 있는데, 이는 세팅되지 않은 액체 결합제를 의미한다.

**표 10**

[0192] **전형적인 진공 형성된 형상 화학**

재료 카테고리	중량%
세라믹 산화물 분말	-
불투명체	0~30 중량%
흡열 재료	10~85 중량%
건조 결합제	0~10 중량%
액체 결합제	3~15 중량%
섬유	3~60 중량%

[0193] 주조 가능 생성물

[0194] 또한, 본 개시에 따른 흡열 재료/시스템은 물품의 형태 대신 에너지 저장 장치/배터리의 어셈블리를 형성하는 데에 사용하기 위한 주조 가능한 재료로서 제조될 수 있다. 이러한 주조 가능한 버전의 제조는 전형적으로 혼합

기 내에서 구성성분들을 잘 혼합될 때까지 (예컨대, 대략 10분 동안) 습식 혼합시키는 것으로 시작한다. 이 지점에서 저장 중에 곰팡이 성장을 방지하기 위하여 살생물제가 첨가될 수 있다. 필요한 경우, pH 조절제가 포함될 수 있다. 일단 혼합이 완료되면, 이러한 구조 가능 생성물은 조립 전 저장 및 분배를 위해 코킹 튜브 또는 드럼에 포장될 수 있다. 조립하는 동안, 이러한 구조 가능 생성물은 주입, 가압 성형, 또는 그렇지 않으면 단열되는 장소로 배치될 수 있으며, 그에 따른 어셈블리는 건조되어 물을 제거할 수 있다. 전형적으로, 무기 결합제가 사용되는 경우, 건조된 부분은 비 단열 성분들에 매우 조밀하게 부착되어, 장치의 구조적 온전성을 더해줄 것이다. 그러한 구조 가능한 재료는 건조 후에는 추가적인 기계 가공이 거의 또는 전혀 필요 없다.

[0195] 이러한 구조 가능한 생산 방법에 대한 전형적인 제형을 아래 표 11에 제공하였다. 혼중 세라믹 산화물의 성질 때문에, 그것들은 일반적으로 물로 습식 처리될 수 없으며, 따라서 이러한 제조 방법은 일반적으로 본 개시의 실현예로 포함하는 것을 불가능하게 한다.

**표 11**

**전형적인 구조 가능 제형**

[0196]

성분	중량%
세라믹 산화물 분말	-
불투명체	0~15 중량%
흡열 재료	10~60 중량%
점도 결합제	0~10 중량%
액체 결합제	5~60 중량%
섬유	0~10 중량%
첨가된 액체(예컨대, 물)	0~70 중량%

[0197] 존재하는 액체는 액체 결합제를 포함할 수 있고/있거나, 또한 추가된 액체를 포함할 수 있음을 주목해야 한다. 액체 결합제를 위한 세팅제는 첨가된 액체에 포함될 수 있다.

[0198] 기타 형태

[0199] 재료들은 화학적으로 및/또는 기계적으로 발포된 폼의 형태일 수 있다. 발포 세라믹은 단열 목적을 위해 공지되어 있으며 [예컨대, 미국 특허 제4,596,834호], 흡열 재료는 폼의 구성성분들 일부를 포함할 수 있고/있거나, 나중에 폼 내로 주입될 수 있다. 구조 가능한 조성물과 비슷한 조성물이 발포될 수 있다.

[0200] 전형적인 조성물

[0201] 본 개시에 따라 효과적인 흡열 성질/기능성을 제공하는 것으로 증명된 예시적인 조성물을 아래에 제공하였다.

**표 12**

[0202]

재료 카테고리	설명	가압 성형된 형상	주입 가능한 페 이스트	침입 보드	진공 형상 또는 종이
세라믹 산화물 분말	혼중 실리카 유형 P	36.50	0.00	0.00	0.00
세라믹 산화물 분말	미세화된 실리카	7.50	0.00	0.00	0.00
흡열 재료	알루미나 삼수화물	49.00	47.00	80.00	72.40
결합제	열 처리 수지 결합제	2.00	0.00	0.00	0.00
재료 카테고리	설명	가압 성형된 형상	주입 가능한 페 이스트	침입 보드	진공 형상 또는 종이
결합제	라텍스 결합제	0.00	0.00	0.00	6.11
결합제	규산칼륨 (48% 고형분 함량)	0.00	10.00	0.00	0.00
결합제	콜로이드 규산	0.00	0.00	4.72	1.36
(결합제용 안정화제)	HCl (20% 용액)	0.00	40.00	0.00	0.00
결합제	진분	0.00	0.00	1.57	0.00
섬유	슈퍼울(SUPERWOOL®) 플러스 (plus) 벌크 섬유(알칼리 토 류 규산염 섬유)	0.00	3.00	10.24	20.14
섬유	1/2" E-유리	1.00	0.00	0.00	0.00

섬유	덴가(Denka) B97T4 알루미늄 섬유	4.00	0.00	3.46	0.00
		100.00	100.00	100.00	100.00

[0203] 성형된 재료의 성질

[0204] 위의 설명은 보드 및 종이와 같은 평평한 형상을 포함하는 형상을 형성하는 것에 관한 것이다. 본 적용예를 위한 이들 형상은 특정한 형태를 가질 수 있다. 예를 들어, 이러한 형상들은

[0205] \* 에너지 저장 장치/배터리 또는 이의 셀을 수용하도록 성형된 홈을 가지는 재료의 덩어리;

[0206] \* 각각이 에너지 저장 장치/배터리 또는 이의 셀을 수용하도록 성형된, 복수의 홈을 가지는 재료의 덩어리;

[0207] \* 흡열 재료의 농도가 다른 둘 이상의 영역을 가지는 재료;

[0208] \* 흡열성 기체를 발생시키는 재료의 구배를 가지는 재료;

[0209] \* 재료 덩어리 내의 한 영역보다 더 높은 농도의 흡열 재료를 가지는 재료의 표면 영역을 포함하는 재료;

[0210] \* 재료의 상이한 표면 영역보다 더 높은 농도의 흡열 재료를 가지는 재료의 표면 영역을 포함하는 재료

[0211] 를 포함할 수 있다.

[0212] 개시된 흡열 재료/시스템의 예시적인 실현예와 관련하여, 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리 내에서의 흡열 재료/시스템의 배치/위치는 일반적으로 그러한 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리와 관련된 기초 에너지 생성 및 저장을 방해하지 않고 본 설명에 기술된 원하는 에너지 흡수/전달 기능을 촉진하기 위하여 선택된다. 또한, 기체 배출 기능과 관련된 효과적인 기체 연통을 허용함으로써 본 개시의 흡열 반응(들)에 의해 생성된 기체 부산물의 즉각적이고도 효과적인 제거를 허용하도록 개시된 흡열 재료/시스템이 배치/위치되는 것이 일반적으로 바람직하다.

[0213] 예를 들어, 도 1a, 도 1b 및 도 1d와 관련하여, 개시된 흡열 재료/시스템은, 전체적으로 또는 부분적으로, 인접한 셀들을 분리하는 벽들을 따라 및/또는 개별적인 셀들의 상부면들 및/또는 하부면들을 따라 배치/위치될 수 있음이 고려된다. 마찬가지로, 도 2와 관련하여, 개시된 흡열 재료/시스템은, 전체적으로 또는 부분적으로, 인접한 셀들을 분리하는 벽들을 따라 및/또는 개별적인 셀들의 상부면들 및/또는 하부면들을 따라 배치/위치될 수 있다. 도 3 및 도 5와 관련하여, 개시된 흡열 재료/시스템은, 전체적으로 또는 부분적으로, 개시된 젤리 롤들 내에 및/또는 인접한 셀들을 분리하는 벽들을 따라 및/또는 개별적인 셀들의 상부면들 및/또는 하부면들을 따라 배치/위치될 수 있다. 도 6a와 관련하여, 개시된 흡열 재료/시스템은, 전체적으로 또는 부분적으로, 인접한 셀들을 분리하는 벽들을 따라 및/또는 개별적인 셀들의 상부면들 및/또는 하부면들을 따라 배치/위치될 수 있다.

[0214] 따라서, 개시된 흡열 재료/시스템은 그것들이 하나 이상의 개별적인 밀봉된 셀, 특히 18650 셀, 183765 셀 등과 같은 단일 젤리 롤을 포함하는 하나 이상의 밀봉된 셀을 전체적으로 또는 부분적으로 둘러싸도록 활용될 수 있다. 셀들은 직렬로 연결되거나, 병렬로 연결되거나 또는 이의 조합일 수 있다. 또한, 개시된 흡열 재료/시스템은 공유형 대기를 가지는 개방된 컨테이너에 다수의 젤리 롤을 포함하는 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리에 사용될 수 있다.

[0215] 개시된 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리와 관련된 기체 배출 기능은 압력 및/또는 온도 민감성의 단일 환기부 요소의 형태, 또는 압력 및/또는 온도 민감성의 다수의 환기부 요소들의 형태를 취할 수 있음을 주목해야 한다. 환기부 요소는 3바를 초과하는 압력에서, 예시적인 실현예에서는 5~15바 범위의 압력에서 공기 배출을 개시하도록 작동할 수 있으나, 작동하는 압력-해제 매개변수의 선택은 특정 에너지 저장 장치/리튬 배터리의 설계 및 작동에 의해 영향 받을 수 있다. 더욱 구체적으로는, 개시된 환기부는 약 15 psi 내지 200 psi, 바람직하게는 약 30 psi 내지 170 psi, 더욱 바람직하게는 약 60 psi 내지 140 psi에 해당하는 미리 결정된 한계 압력 수준에서 기체 배출을 개시하도록 작동할 수 있다.

[0216] 본 개시의 추가적인 예시적 구현예에서, 환기부 요소(들)은, 전체적으로 또는 부분적으로 셀 내로 다시 타오르는 것을 방지하도록 설계된 화염 방지장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 와이어 메쉬 형상의 화염 방지장치가 사용될 수 있으나, 당업자에게 용이하게 명백할 것이므로, 대안적인 디자인 및/또는 기하학이 활용될 수 있다.

[0217] 다수의 환기부 요소들을 포함하는 실현예의 경우, 이러한 환기부 요소들의 작동은 전체 장치/배터리 내의 다른 환기부 요소들이 대응하는 조치에 의해 전체적으로 또는 부분적으로 촉발될 수 있음이 추가로 고려된다. 예를

들어, 제1 환기부 요소의 기체 배출 기능의 구동은 장치/배터리와 연관된 하나 이상의 나머지 환기부 요소들의 기체 배출 기능을 자동적으로 촉발할 수 있다. 또한, 상이한 기체 배출 한계를 특징으로 하는 다수의 환기부 요소들이 제공될 수 있어, 제1 환기부 요소는 제1 온도 및/또는 압력에서 구동될 수 있는 한편, 제2 환기부 요소는 제1 온도/압력보다 더 높은 제2 온도 및/또는 압력에서 구동될 수 있다.

[0218] 또한, 흡열 반응(들)과 관련되어 배출된 기체들은 전해질 기체들을 회식시켜 전해질 기체들과 관련된 발화점 및/또는 가연도를 연기하거나 제거할 기회를 제공한다는 점이 주목된다. 전해질 기체의 회식은 매우 유리하며, 본 개시의 시스템 및 방법과 관련된 추가적인 장점을 나타낸다. [Cf. E. P. Roth and C. J. Orendorff, "How Electrolytes Influence Battery Safety," The Electrochemical Society Interface, Summer 2012, pgs. 45-49.]

[0219] 개시된 흡열 재료/시스템을 구현하는 데 있어서, 상이한 제형 및/또는 양이 다중 코어 셀 구조 내의 상이한 셀들과 관련이 있을 수 있다. 예를 들어, 중심부에 위치한 셀들은 무리를 이룰 수 있으며, 내부 셀들과 외부 셀들과 비교하여 더 이른 가혹 조건의 온도를 경험할 수 있다는 가능성을 기초로 하여, 중심부에 위치한 셀들은 외부 셀들과 비교하여 더 낮은 온도에서 흡열 반응(들)을 개시하는 흡열 재료/시스템을 구비할 수 있다.

[0220] 개시된 흡열 재료/시스템이 전해질에 노출된 셀 내부에 포함될 때, 예컨대, 부분적인 증기압을 통해, 흡열 재료/시스템으로부터 젤리 롤로의 물의 이동은 제한되고/제한되거나 존재하지 않는데, 이는 흡열 재료/시스템과 관련된 물이 화학적으로 결합되어 있기 때문임을 주목해야 한다. 흡열 재료/시스템이 이들 셀 내부에 전체적으로 또는 부분적으로 배치/위치되는 실현예에서, 물의 전해질에 대한 노출을 제한하는 것이 중요하다. 흡열 재료/시스템이 물을 함유하는 경우, 전해질 기능의 잠재적인 방해물 제한하기 위해서는 흡열 재료/시스템과 관련된 물의 증기압이 낮아야 한다. 실제로, 전해질로의 물의 비 이동은 개시된 흡열 재료/시스템의 존재에 의해 근본적인 셀의 기능이 훼손당하지 않음을 확실히 하는 데 있어 중요하다. 이러한 특징은, 그렇지 않으면 기밀하게 밀봉된 셀의 내부의 일반 대기에 코어가 개방되는 그러한 구조에서 특히 중요하다.

[0221] 중요한 것은, 개시된 흡열 재료/시스템과 관련된 흡열 재료가 소비된 후에도, 즉, 그러한 흡열 재료와 관련된 흡열 반응(들)이 모든 이용 가능한 흡열 재료를 소비한 후에도, 개시된 흡열 재료/시스템은 흡열 재료/시스템과 관련된 다른 단일 성분들로 인해, 계속하여 유리한 단일 기능성을 에너지 저장 장치/리튬 이온 배터리에 제공한다는 점이다.

[0222] 본 개시의 다른 유리한 측면들로 돌아가, 적어도 하나의 젤리 롤, 하나의 음의 모선, 하나의 양의 모선 및 케이스를 가지는 다중 코어 전기화학적 어셈블리를 이용하는, 충전 가능한 전기화학적 에너지 저장 유닛이 제공될 수 있다. 본 설명에 사용된 젤리 롤은 캐소드, 애노드 및 세퍼레이터를 포함하는, 배터리 내의 가장 작은, 독립적인 전기화학적 에너지 저장 유닛을 의미한다. 젤리 롤(801)(도 8)은 캐소드(804), 애노드(802) 및 세퍼레이터(806)를 포함한다. Li 이온 배터리에서, 캐소드와 애노드 활성 재료는 일반적으로, 각각 알루미늄 포일 집전체와 구리 포일 집전체의 양면에 코팅되며, 각각의 전류 포일의 한 모서리에 비 코팅 영역(803 및 805)을 가지고 있다(도 9). 캐소드 내의 비 코팅 Al 포일 영역과 애노드 내의 비 코팅 Cu 포일 영역은 각각 젤리 롤의 양 말단에 위치한다. 세퍼레이터는 전극 코팅 영역들을 커버하며, 연장되어 캐소드와 애노드 사이의 단락을 방지하기 위한 양 비 코팅 영역들의 부분을 커버한다. 젤리 롤의 중량 및 부피 에너지 밀도를 최대화하기 위하여, 비 코팅 영역의 최소 폭 k1과 k2를 유지하는 것이 더 좋다. 그러나 k1과 k2가 너무 작을 때에는 전극 정렬 및 용접을 좋게 유지하는 것은 도전이 될 것이다. k1과 k2를 0.1 mm 보다 크며, 상응하는 애노드 또는 캐소드 집전체의 전체 폭의 50% 미만으로 유지하는 것이 바람직하다. 전형적인 바람직한 범위는 1-4 mm이다.

[0223] 본 개시의 일 구현예에서, 캐소드만 비 코팅 영역(k2)으로 제작되고, 애노드는 적어도 하나의 탭을 이용하여 NBB에 연결된다. 이 경우, 애노드 전극 코팅층은 집전체 포일의 전체 폭에 걸쳐 연장된다. 세퍼레이터의 폭은 모든 애노드를 커버하지만, 캐소드 비 코팅 영역 전부를 커버하지는 않는다. 오로지 캐소드 모서리에 비 코팅 영역을 가지고, 애노드에 탭(들)을 가지는 젤리 롤을 본 설명에서는 "젤리 롤 A"라 지칭한다.

[0224] Cu와 Al 포일이 Li 이온 배터리에 가장 흔히 이용되는 집전체이지만, 다른 유형의 집전체들도 문헌에 보고된 바 있으며, 이용될 수 있다. 예를 들어, 니켈 포일은 애노드 집전체로 이용되었다(Y. Yun et al, Electrochimica Acta, Vol 54, 7227 (2009)). 본 개시에서, 집전체는 Al 및 Cu 포일에 한정되지 않은, Li 이온 배터리에 이용되는 모든 유형의 집전체 재료와 포맷을 포함한다. 포일 이외에도, 집전체는 메쉬, 피복 등의 포맷을 취할 수 있다.

[0225] 병렬로 연결된 복수의 젤리 롤을 포함하는 예시적인 다중 코어 전기화학적 어셈블리를 도 10a에 도시하였다. 젤

리 롤의 비 코팅 구리 포일(803)의 말단들은 개별적인 젤리 롤에 대한 집전체이자 모든 젤리 롤에 대한 연결 모션으로 역할을 하는 구리 플레이트(807)(NBB)에 용접된다. 마찬가지로, 젤리 롤의 비 코팅 알루미늄 포일(805)의 말단들은 알루미늄 플레이트(808)(PBB)에 용접된다. NBB와 PBB는 젤리 롤에 높은 전류 드레인을 허용하며, 열 발생을 감소시키고, 부분적으로는 히트싱크로서 작용한다. 나아가, 추가적인 모션은 필요없으므로, 이러한 설계는 중량, 공간 및 다중 코어 전기화학적 어셈블리의 비용을 줄여준다.

[0226] 다수의 젤리 롤 A로 이루어지는 다중 코어 전기화학적 어셈블리의 경우, 캐소드 비 코팅 말단들만 PBB에 용접된다. 애노드 탭들은 음의 모션에 용접된다. 이러한 유형의 다중 코어 어셈블리는 에너지 밀도 측면에서 NBB와 PBB가 있는 어셈블리보다 열등하지만, 레이아웃 구조가 탭을 요구하는 특수한 경우에 이용될 수 있다.

[0227] NBB에서, 전해질 충진을 허용하기 위하여, 개별적인 젤리 롤에 대응하는 다수의 슬릿 개구부(809)가 존재한다. 효과적인 전해질 충진을 허용하기 위하여, 슬릿 개구부의 길이는 젤리 롤의 직경에 가까운 것이 더 좋다. 젤리 롤의 하나의 말단이 PBB에 용접되고, 이러한 젤리 롤은 전해질을 함유하는 단일 테이프로 싸여 있으므로, 슬릿 개구부를 통해 충진된 전해질은 젤리 롤 내에서 완전히 자체 완비될 수 있다. 그러한 배열은, 본 설명에 개시된 구현예에 따르면 선택적인, 각각의 개별적인 젤리 롤을 위한 금속 셸과 같은, 캔과 같은, 또는 플라스틱 라이너와 같은, 임의의 전해질을 구속하는 성분들의 제거를 가능하게 할 수 있다. 특정 사례에서, 그러한 전해질을 구속하는 라이너 또는 캔이 필수적이다. 일 구현예에서, 이러한 전해질은 개별적으로 밀폐된 젤리 롤 유닛에 수용된다. 밀폐된 젤리 롤 유닛은 젤리 롤 및, 어셈블리로의 전해질 유출을 방지하기 위하여 금속, 플라스틱 또는 세라믹 컨테이너에 기밀하게 밀봉된 전해질을 포함한다. 고체 폴리머 전해질, 겔 폴리머 전해질 또는 박막 고체 이온성 전해질을 가지는 일부 젤리 롤 기술의 경우, 어셈블리에서 전해질 충진 공정은 필요하지 않다. 따라서, NBB에서 전해질 충진 개구부가 필요 없다.

[0228] NBB와 PBB의 크기는 젤리 롤의 모든 말단들을 커버할 수 있어야 한다. 따라서, NBB와 PBB의 형상은 일반적으로 젤리 롤이 차지하는 공간(footprint)에 의존하며, 직사각형으로 제한되지 않는다. NBB와 PBB의 두께는 일반적으로 다음의 방정식 1에 의해 결정된다(참조: <http://www.copperinfo.co.uk/busbars/pub22-copper-for-busbars/sec3.htm>):

$$I = 1.02 \frac{A^{0.5} \rho^{0.39} \theta^{0.61}}{[(1 + \alpha\theta)\rho]^{0.5}}$$

[0229] 여기서 I = 전류, 암페어; A = 단면적, mm<sup>2</sup>; ρ = 전도체의 두께, mm; θ = 전도체와 주변 공기의 온도차, °C; α = 주위 온도에서 전도체의 저항 온도 계수, °C당; ρ = 주위 온도에서 전도체의 저항, μΩ cm.

[0231] 논의 중인 구현예에 적합한 NBB 또는 PBB 재료는 (1) 좋은 전기 전도체; (2) 전기화학적으로 안정적; (3) 전해질에 화학적으로 불활성이어야 하고, (4) 젤리 롤의 비 코팅 말단부에 용이하고 단단하게 접촉되거나 장착될 수 있다. 예를 들어, 니켈 플레이트는 NBB로 적합하다. 각각 NBB와 PBB로 바람직한 재료는 Cu와 Al이다.

[0232] NBB와 PBB는 용접 또는 전도성 접착제에 의해 젤리 롤의 비 코팅 말단에 접촉된다. 전도성 접착제는 저장 및 작동 중에 전기화학적으로, 그리고 화학적으로 안정적이어야 한다. 용접 방법은 저장 및 작동 중에 덜 불안정하기 때문에 바람직하다. NBB와 PBB를 젤리 롤 말단에 용접하기 위하여, 레이저 용접, 초음파 용접 및 저항 용접(점 용접) 기법을 포함한, 그러나 이에 한정되지 않는 다양한 용접 기법이 이용될 수 있다. 바람직한 용접 기법은 레이저 용접이다.

[0233] 일 구현예에서, 다중 코어 어셈블리는 금속 케이스(810) 내에 놓인다(도 11). 금속 케이스는 Al, 강철, 스테인리스 스틸, 또는 배터리에 흔히 이용되는 기타의 것일 수 있다. PBB(808)는 금속 케이스의 바닥에 양의 단자(812a)로서 용접된다. 구리 막대와 같은 금속 커넥터는 음의 단자(812b)로서 NBB에 연결된다. 절연층(910)은 케이스 커버(900)와 NBB 사이에 배치된다. 전해질 충진을 허용하기 위하여 NBB의 슬릿 개구부(809)에 대응하는, 절연층(910)의 개구부(811)가 존재한다. 이러한 유닛은 최종적으로는 기밀하게 밀봉된다. PBB는 금속 케이스의 바닥에 용접되므로, PBB와 금속 케이스 사이의 접촉 영역은 PBB와 동일하다. 따라서, PBB와 금속 케이스는 실제로 히트싱크로 작용하여, 다중 코어 어셈블리에 생성된 열의 신속한 소모를 가능하게 하여, 어셈블리의 안정성을 향상시킨다.

[0234] 또 다른 구현예에서, 젤리 롤 어셈블리는 금속 슬리브(810)에도 배치될 수 있다. PBB는 케이스 바닥으로 작용하는 금속 슬리브의 개방형 말단 중 하나의 벽에 기밀하게 용접된다(도 12). 슬리브용 금속은 여러 가지를 선택할

수 있지만, 양호한 용접을 보장하기 위해서는 Al이 더 좋다. 양호한 기밀한 밀봉을 보장하기 위하여 PBB의 크기는 슬리브 바닥에 정확하게 맞아야 한다. PBB의 계산된 두께가 금속 슬리브의 벽 두께보다 훨씬 작은 경우, 양호한 기계적 성능을 보장하기 위한 바람직한 두께는 슬리브 벽 두께이다. 유닛의 금속 케이스의 일부분으로서의 PBB는 중량 및 공간을 더 줄여준다. 나아가, PBB는 금속 슬리브에 용접되므로, 케이스는 히트싱크로 작용할 수 있어, 다중 코어 어셈블리에서 생성된 열의 신속한 소모를 가능하게 하여, 어셈블리의 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0235] 또 다른 구현예에서, 젤리 롤 또는 다중 코어 전기화학적 어셈블리의 밀폐된 젤리 롤 유닛은 하우스(820) 내에 위치될 수 있는데(도 13), 여기서 개별적인 젤리 롤 또는 밀폐된 젤리 롤 유닛은 하우스 재료 또는 하우스 재료들의 조합에 의해 분리된다. 상업적으로 이용 가능한 밀폐된 젤리 롤 유닛의 예는 산요, 파나소닉, 소니, 삼성, LG, 보스톤-파워 및 기타 여러 회사에서 구입할 수 있는 18650, 183765, 26650 및 기타 유형의 Li 이온 셀이다. 각각의 젤리 롤 또는 밀폐된 젤리 롤 유닛은 부분적으로 또는 전체적으로 하우스 재료에 의해 둘러싸인다. 하우스를 이용하는 목적 중 하나는 열적 가혹 조건 시 젤리 롤 사이에서의 열 전파를 지연시킴으로써 안전성을 증가시키는 것이다. 하우스의 또 다른 목적은, 몇 가지 기계적 부하를 언급하자면, 하우스가 없었다면 발생했을 충격 에너지, 외부 침입을 흡수함으로써, 구조물에 대한 진동 손상의 방지에 의해, 젤리 롤 또는 밀폐된 젤리 롤 유닛을 기계적으로 보호하는 것이다. 하우스는 상이한 구조 및 포맷을 가질 수 있다. 하우스는 블록 내의 원통형 구멍일 수 있는데, 여기서 개별적인 젤리 롤은 이들 구멍 안에 보유될 수 있다. 하우스는 젤리 롤들 사이에 삽입되거나 개별적인 젤리 롤들을 감싸서 그것들을 분리하고, 제자리에 고정시키고, 일부 기계적인 지지를 제공하는, 플레이트, 패브릭 패드, 또는 메쉬일 수 있다. 이러한 하우스 재료는 알루미늄 폼, 니켈 폼 및 스테인리스 스틸 폼과 같은 금속 폼일 수 있다. 이들 폼의 공급업체로는 Cymat과 ERG가 포함된다. 또한, 이러한 하우스 재료는 알루미늄, 실리케이트 기반의 세라믹 및 ZrO<sub>2</sub> 등과 같은, 고체의, 다공성 또는 미세 다공성 세라믹일 수 있다. 재료 공급업체로는 ERG, CeramaTec, Morgan Advanced Materials, Saint Gobain, Zircar, 및 Coors가 포함된다. 구체적인 재료로는 다음의 판매회사:재료 유형을 포함하나, 이에 한정되지 않는다: CeramTec: 다공성 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 합성물(V 38 알루미늄): 96% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ZIRCAR CERAMICS: 미세 다공성 SiO<sub>2</sub>-SiC 합성물(MICROSIL): SiO<sub>2</sub>: 85%, SiC: 15%; Morgan Advanced Materials: 미세 다공성 세라믹(Min-K, BTU-BLOCK 및 Kaowoo): Kaowoo: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>; Refractory Specialties: 미세 다공성 세라믹(MicroCell): MicroCell S: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 10%~35% 기타 55%; Inducerceramic: 다공성 세라믹(TC1250, TC1600 및 TC1750): Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 합성물(TC1250 내 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 45%, TC1600 내 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 72% 및 TC1750 내 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 96%). 하우스 재료는 나아가, Al, 스테인리스 스틸, Ni, 그래파이트 및 탄소 합성물과 같은, 금속 및 탄소 재료일 수 있다. 더 나아가, 하우스 재료는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 에틸렌 및 프로필렌 공중합체 및 테프론과 같은 폴리머 재료일 수 있다. 본 발명의 일 구현예에서, 적어도 하나의 열 흡수체가 이러한 하우스 재료로 혼입되어 복합 하우스 재료를 형성한다. 이러한 열 흡수체는 합성물로서 이러한 재료 사이에, 재료의 기공 내에, 또는 재료 하우스 내의 포켓 내에 배치될 수 있다. 이러한 열 흡수체는 특정 전이 온도에서 상승된 온도를 가지는 젤리 롤로부터 화학적 반응 또는 물리적 변형을 통해 열을 흡수할 것이다. 위에서 언급한 바와 같이, 화학적으로 열을 흡수하는 재료의 한 가지 예는 중탄산나트륨이다. 온도가 100°C를 초과할 때, 중탄산나트륨은 흡열적으로 탄산나트륨, 이산화탄소 및 물로 분해된다. 기타 흡열 시스템/재료가 위에 기술된 바와 같이, 본 개시에 따라 유리하게 이용될 수 있다.

[0236] 또 다른 구현예에서, 단일 젤리 리튬 이온 셀은 Cu 및 Al 전류 컬렉팅 디스크(813 및 814)로 이루어진다. 그것들은 각각 Cu 비 코팅 말단 및 Al 비 코팅 말단에 용접된다. 이러한 단일 코어 어셈블리는 금속 슬리브(810)에 배치된다(도 14a 및 도 14b). 슬릿 개구부(809)는 Cu 전류 컬렉팅 디스크(813)에 만들어진(도 14c). Al 전류 컬렉팅 디스크(814)는 Al 캔의 바닥을 형성하는 금속 슬리브에 기밀하게 용접된다. 이것은 양극 집전체와 양의 단자를 연결하기 위한 금속 리드를 제거하여, 중량 및 공간을 줄이고, 셀의 에너지 밀도를 증가시킨다. 그것은 또한 셀에서 생성된 열의 신속한 소모를 가능하게 하여, 셀 안전성을 향상시킨다. 슬리브용 금속은 여러 가지를 선택할 수 있지만, 양호한 용접을 보장하기 위해서는 Al이 더 좋다. 상부 커버도 전해질 충전 후에 기밀하게 밀봉된다.

[0237] 이전에 언급된 바와 같이, 본 개시에 따르면, 젤리 롤은 원통형, 난형 및 직사각형과 같은 다양한 형상을 취할 수 있고, 임의의 특별한 하나에 한정되지 않는다. 그것들은 전극과 세퍼레이터를 권취하여 형성될 수 있거나, 전극과 세퍼레이터를 적층하여 형성될 수 있다. 젤리 롤의 크기-직경, 두께 및 길이는 젤리 롤의 설계된 용량에 달려 있다. 젤리 롤 크기가 클수록, 젤리 롤 용량이 더 크다. 다중 코어 어셈블리에서, 젤리 롤의 양 말단이 NBB와 PFF에 용접될 수 있는 한, 젤리 롤은 상이한 크기와 형상을 가질 수 있다. 나아가, 다중 코어 Li 이온 어

셀블리의 젤리 롤은, 그것들의 전지화학적 윈도우가 매치되고, 젤리 롤의 양 말단이 NBB와 PBB에 용접될 수 있는 한, 상이한 화학적 성질을 가질 수 있거나, 상이한 전해질을 가질 수 있다.

- [0238] 젤리 롤의 애노드 코팅층은 애노드 활성 재료, 전도성 첨가제 및 결합제로 이루어진다. 전도성 첨가제는 카본 블랙, 그래파이트 중 하나 또는 조합이다. 결합제 재료는 폴리머 재료이다. 가장 흔한 결합제 재료는 SBR과 CMC의 혼합물 또는 PVDF이다. 애노드 활성 재료는 그래파이트, 도핑된 탄소, 경질 탄소, 비정질 탄소, 실리콘(예를 들어, 실리콘 나노 입자 또는 Si 필라 또는 탄소를 가지는 분산형 실리콘), 주석, 주석 합금,  $Cu_6Sn_5$ , Li, 금속 포일 기판상으로 증착된 Li, Li를 가지는 Si, 그래파이트 내의 혼합된 Li 금속 분말, 리튬 티타나이트 및 이의 임의의 혼합물과 같이, Li 이온 또는 Li 폴리머 배터리에서 흔히 발견되며, 문헌에 기술되어 있는 것들이다. 본 발명은 임의의 특별한 애노드 화합물로 한정되지 않는다.
- [0239] 전형적인 애노드는 그래파이트, 전도성 탄소 및 SBR/CMC 결합제로 이루어진다. 애노드에서의 전형적인 조성물은 그래파이트 80~98 중량%, 전도성 탄소 0~2 중량% 및 결합제 1~10 중량%이다. 코팅층 두께는 설계된 젤리 롤 용량에 달려 있다. 코팅층이 두꺼울수록, 단위 면적 내에 로드된 애노드 용량이 더 크다. 출시된 대부분의 상업용 Li 이온 배터리에서, 코팅된 애노드 두께는 50~200 미크론이다. 가장 일반적으로 사용되는 집전체는 8~20 미크론의 두께를 나타내는 구리 포일이다.
- [0240] 젤리 롤의 캐소드 코팅층은 캐소드 활성 재료, 전도성 첨가제 및 결합제로 이루어진다. 전도성 첨가제는 카본 블랙, 그래파이트 중 하나 또는 조합이다. 결합제 재료는 폴리머 재료이다. 가장 흔한 결합제 재료는 PVDF이다. 캐소드 활성 재료는 충전 및 방전 중에 리튬 이온을 흡수 및 제거하는 능력을 가지고, 리튬 금속보다 상대적으로 더 높은 전극 전위를 갖는 것들이다.
- [0241] 적합한 개별적인 재료의 예로는,  $Li_xCoO_2$ (화합물 A로 지칭됨),  $Li_xM_zCo_wO_2$ (화합물 B로 지칭되고, 여기에서 M은 Mg, Ti 및 Al로부터 선택되고 결정 격자 내에서 Co 또는 Li를 부분적으로 치환하고 Z=0% 내지 5% 범위로 첨가되고, 전형적으로 W는 1에 근접하고, 4.2 V 초과와 충전에 적합함),  $Li_xNi_aMn_bCo_cO_2$  (특히 약  $a=1/3$ ,  $b=1/3$ ,  $c=1/3$ 의 조합(화합물 C) 그리고  $a=0.5$ ,  $b=0.3$ ,  $c=0.2$ (화합물 D) 그리고 이의 Mg 치환형 화합물(양자 모두 화합물 E로 그룹화됨))가 있다. 또 다른 예는  $Li_xNi_dCo_eAl_fO_2$ (화합물 F) 및 이의 Mg 치환형 유도체  $Li_xMg_yNi_dCo_eAl_fO_2$ (화합물 G)이고, 여기서, 특별한 경우에  $d=0.8$ ,  $e=0.15$ ,  $f=0.05$  이나, d, e 및 f는 몇몇 퍼센트 다를 수 있고, y는 0 내지 0.05 사이의 범위를 가진다. 개별적인 캐소드 재료의 또 다른 예는  $Li_xFePO_4$ (화합물 H),  $Li_xCoPO_4$ (화합물 I),  $LiMnPO_4$ (화합물 J) 및  $Li_xMn_2O_4$ (화합물 K)이다. 이러한 화합물 모두에서, 과도한 리튬이 전형적으로 발견되나 ( $x>1$ ), X는 약 0.9로부터 1.1까지 변화될 수 있다.
- [0242] 4.2 V 초과로 충전될 때 큰 용량을 가지는, 고전압에 특히 적합한 부류의 재료는, 예를 들어, Thackeray 등에 의해 미국 특허 제7,358,009호에 기술된, 소위 층상형-층상형 재료이고, BASF 및 TODA로부터 상업적으로 입수 가능하다(화합물 L). Thackeray에 의해서 처음 설명된 화합물은 4.2 V 초과와 전압에서 안정적이 될 수 있다. 이러한 캐소드의 일부는 4.2 V 초과(애노드로서 그래파이트를 이용하는 표준 최고 전압)의 고전압에서 안정적이고, 그러한 재료들이 바람직하게 혼합될 수 있다.
- [0243] 비록 위의 재료들 중 하나는 본 개시에 따라 이용될 수 있지만, B, C, D, E, F, G, I, J 및 L로부터 선택된 재료 화합물 중 둘 이상을 혼합하는 것이 바람직하다. 특히 화합물 B, D, F, G 및 L 중의 둘 이상의 성분의 혼합물이 바람직하다. 매우 높은 에너지 밀도 구성을 위해서, (B 및 L) 또는 (B 및 G) 또는 (G 및 L)의 혼합물이 가장 유리하고, 이들이 얇은 전극으로서 제조될 때에도 높은 파워가 달성될 수 있다. 동일한 적합한 전압 범위 및 화학적 성질을 가지면서, 에너지 대 파워 비율을 맞추기 위하여, 얇고 (파워) 두꺼운 (에너지) 전극이 젤리 롤 내로 도입될 수 있다. 코팅층의 일반적인 두께는 60 내지 200 미크론의 범위이다. 캐소드 활성 재료  $Li_xNi_aMn_bCo_cO_2$ (화합물 C 또는 D) 기반의 캐소드 코팅층의 전형적인 조성은 70~98% 캐소드 활성 재료, 25~1% 전도성 탄소 및 20~1% PVDF 결합제의 중량 비율을 나타낸다.
- [0244] 세퍼레이터는 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 삽입되는 전자적 절연 필름으로서 기능하고, 인장 방향 및 횡 방향으로 높은 강도 및 높은 침입 강도뿐만 아니라, Li 이온에 대해서 높은 투과성을 나타내야 한다. 기공 크기는 전형적으로 0.01 내지 1 마이크로미터이고, 두께는 5 마이크로미터 내지 50 마이크로미터이다. 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP) 또는 PP/PE/PP 구조물과 같은 부직형 폴리올레핀의 시트가 전형적으로 이용된다. 전형적으로  $Al_2O_3$ 로 이루어지는 세라믹은 필름 위로 도포될 수 있어, 가열 중의 수축을 개선하고, 내부 단락에 대한 보호를 개선할 수 있다. 또한, 캐소드 또는 애노드는 유사하게 세라믹으로 코팅될 수 있다. 그러나, 폴리머 Li

이온 배터리 또는 고체 Li 이온 배터리에서는, 어떠한 세퍼레이터도 존재하지 않는다. 그 대신, 고체 폴리머 전해질 필름, 겔 폴리머 전해질 필름 또는 고체 이온성 박막이 캐소드와 애노드 사이에 샌드위치되어 이온 전도 및 전자적 절연을 제공한다.

[0245] 용매 및 염을 함유하는 전해질은 산업계에서 전형적으로 발견된다. 용매는 전형적으로 DEC(디에틸 카보네이트), EC(에틸렌 카보네이트), EMC(에틸 메틸 카보네이트), PC(프로필렌 카보네이트), DMC(디메틸 카보네이트), 1,3디옥솔란, EA(에틸 아세테이트), 테트라히드로퓨란(THF) 중에서 선택된다. 염은  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiClO}_4$ ,  $\text{LiAsF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ , 전해질 내에서 이용되는 황 또는 이미드 함유 화합물로서  $\text{LiCF}_2\text{O}_3$ ,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$ ,  $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2$ , 또는 EC/5 EMC/DMC(1:1:1 비율) 및 1M  $\text{LiPF}_6$ 와 같은 미리 혼합된 전해질을 통해서  $\text{SO}_2$ 를 기포 발생시키는 것에 의한 일반적인 슬론화를 포함하는 황 또는 이미드 함유 화합물 중에서 선택된다. 다른 염은 LiBOB(리튬 비스-옥살레이트 보레이트), TEATFB(테트라에틸암모늄테트라플루오로보레이트), TEMABF4(트리에틸메틸암모늄테트라플루오로보레이트)이다. BP(비페닐), FEC, 피리딘, 트리에틸포스파이트, 트리에탄올아민, 에틸렌디아민, 핵사포스포릭트리아미드, 황, PS(프로필렌설파이트), ES(에틸렌설파이트), TPP(트리페닐포스페이트), 암모늄 염, 탄소 테트라클로라이드 또는 에틸렌 트리플루오라이드와 같은 할로겐 함유 용매 및 부가적으로 고온 저장 특징을 개선하기 위한  $\text{CO}_2$  가스를 포함하는, 효과적인 SEI 형성, 가스 발생, 불꽃 지연 특성 또는 산화환원 셔틀링 능력을 위한 첨가제 또한 이용될 수 있다. 고체/겔 또는 폴리머 전해질의 경우에는, PVDF, PVDF-HFP, EMITFSI, LiTFSI, PEO, PAN, PMMA, PVC, 이러한 폴리머의 임의의 혼합물이 다른 전해질 성분과 함께 이용되어 겔 전해질을 제공할 수 있다. 전해질 공급자에는 Cheil, Ube, Mitsubishi Chemical, BASF, Tomiyama, Guotsa-Huasong 및 Novolyte가 포함된다.

[0246] 추가적인 실시예 및 비교예

[0247] 본 개시를 실현하는 방법에 관하여 기술된 가상적인 실험 및 방법론 세트를 성능 모델 결과로부터의 결과 자료와 함께 아래에 제공하였다.

[0248] 실시예 2

[0249] 중량 비율 95% / 1% / 4%의 인조 그래파이트/전도성 탄소/PVDF 결합체의 고체 조성물로 된 애노드 페이스트를 10  $\mu\text{m}$  두께의 Cu 포일의 양면에 코팅한다. 페이스트 매질 용매는 NMP이다. Cu 포일 폭은 82 mm이다. 코팅 폭은 80 mm로, 포일의 한 모서리에 2 mm 비 코팅 영역을 남겨둔다. 코팅 후, 전극을 150°C로 5분 동안 가열하여, 용매를 제거한다. 건조된 전극을 가압 성형하여, 1.55g/cc의 프레스 전극 밀도를 달성하였다.

[0250] 중량 비율 94% / 3% / 3%의  $\text{LiNi}_{0.5}\text{Co}_{0.2}\text{Mn}_{0.3}\text{O}_2$ /전도성 탄소/PVDF 결합체의 고체 조성물로 된 캐소드 페이스트를 20  $\mu\text{m}$  두께의 Al 포일의 양면에 코팅한다. 페이스트 매질 용매는 NMP이다. Al 포일 폭은 82 mm이다. 코팅 폭은 80 mm로, 포일의 한 모서리에 2 mm 비 코팅 영역을 남겨둔다. 코팅 후, 전극을 150°C로 5분 동안 가열하여, 용매를 제거한다. 건조된 전극을 가압 성형하여, 3.55g/cc의 프레스 전극 밀도를 달성하였다. 애노드와 캐소드의 제1 사이클 충전 용량 비율은 1.12이다. Al 포일을 구비한 캐소드의 두께는 대략 166  $\mu\text{m}$ 이고, Cu 포일을 구비한 애노드의 두께는 대략 196  $\mu\text{m}$ 이다.

[0251] 25  $\mu\text{m}$  두께의 폴리에틸렌 세퍼레이터를 캐소드와 애노드 사이에 삽입하였다. 세퍼레이터의 폭은 82 mm이다. 세퍼레이터는 캐소드 및 애노드 코팅 영역 모두를 커버하고, Cu 비 코팅 영역 및 Al 비 코팅 영역 각각을 커버하기 위하여 1 mm 연장되었다. 캐소드 및 애노드 코팅 영역은 정확히 서로를 마주 본다(도 15 및 도 16). 전극 및 세퍼레이터 라미네이트는 권취 기계에서 권취되어 84 mm의 롤 높이 및 23 mm의 직경을 가진 젤리 롤을 형성한다.

[0252] 여섯 개의 젤리 롤이 행에 정렬되며, 각각의 개별적인 인접한 젤리 롤 사이의 간격은 1 mm이다. Cu 비 코팅 영역의 말단은 레이저 용접기를 이용하여 144 mm의 길이, 23 mm의 폭 및 2 mm의 두께의 Cu NBB에 용접한다. Cu NBB에는 여섯 개의 22.5 mm 폭의 슬릿 개구부가 있다. 각 슬릿 개구부의 중심은 젤리 롤의 중심에 대응된다. 5 개의 길이 84 mm, 폭 23.5 mm, 1 mm 두께의 폴리프로필렌 플레이트를 젤리 롤 사이의 간격에 삽입한다. 이러한 세미-어셈블리를 1 mm의 Al 두께의 Al 슬리브에 삽입한다. 이러한 슬리브는 148 mm의 길이, 26.5 mm의 폭 및 87 mm의 높이를 가진다. 젤리 롤의 Al 비 코팅 말단은 레이저 용접기로 Al PBB에 용접한다. Al PBB는 148 mm의 길이, 26.5 mm의 폭을 가진다. Al PBB는 기밀한 밀봉을 확실하게 하기 위하여 Al 슬리브의 바닥에 용접한다. 89 mm 높이와 24.5 mm 폭의 두 개의 폴리프로필렌 플레이트를 말단 젤리 롤과 두 개의 좁은 Al 케이스 벽 사이에 삽입한다. 144 mm 길이와 87 mm 폭의 두 개의 0.5mm 두께의 폴리프로필렌 시트를 젤리 롤 및 두 개의 넓은 Al 케이

스 벽 사이에 삽입한다. 5 mm 직경의 Cu 막대를 음 단자로서 Cu NBB에 용접한다. 길이 144 mm 및 폭 23.5mm의 폴리프로필렌 보드를 상부 커버와 Cu NBB 사이에 배치한다. 이러한 보드의 Cu NBB에는 슬릿 개구부에 상응하는 여섯 개의 2 mm 직경의 구멍이 있다. 1 mm 두께의 상부 Al 커버는 기밀한 밀봉을 보장하기 위하여 레이저 용접기로 Al 슬리브에 용접한다. 상부 커버에는 전해질 충전 구멍과 환기부가 있다(도 15a). EC/DMC/EMC (1:1:1)-LiPF<sub>6</sub> 1M 기반의 전해질은 진공 충전법을 이용하여 젤리 롤 내부로 충전된다.

[0253] 다중 코어 Li 이온 어셈블리는 형성을 위해 처음에는 3A 정전류로 4.1V까지 충전된다. 형성 후, 상부 커버의 구멍은 비슷한 크기의 금속 볼로 밀봉된다. 다중 코어 Li 이온 어셈블리는 6A 정전류로 4.2V까지 충전되고, 이어서 전류가 0.6A에 이를 때까지 4.2V에서 정전압 충전한다. 방전 용량은 2.75V까지의 정전류 방전에 의해 결정한다. 이러한 유형의 방법으로부터 모델화된 시험 결과를 표 13에 나열하였다. 실시예 1의 다중 코어 Li 이온 어셈블리가 비교예 2보다 더 높은 용량, 더 높은 에너지 및 더 높은 부피 및 중량 에너지 밀도를 가지는 것으로 보여질 수 있다.

[0254] 비교예 2

[0255] 캐소드와 애노드 제형, Al 및 Cu 포일 두께, 전극 제조 공정, 세퍼레이터 및 젤리 제조 공정은 실시예 2에서와 동일하다. 비교예 1에서, Al 포일 폭은 72 mm이고, 캐소드 코팅 영역 폭은 72.5 mm이다. Cu 포일 폭은 74.5 mm이고, 코팅 영역 폭도 74.5 mm이다. 세퍼레이터 폭은 76.5 mm이다. 캐소드와 애노드 프레스 밀도는 각각 3.55 g/cc와 1.55g/cc이다. 애노드와 캐소드의 제1 사이클 충전 용량 비율은 1.16이다. Al 포일을 구비한 캐소드의 두께는 대략 166 μm이고, Cu 포일을 구비한 애노드의 두께는 대략 209 μm이다. 젤리 롤은 76.5mm의 높이와 23 mm의 직경을 가진다. 젤리 롤은 두 개의 탭 - 캐소드를 위한 Al과 애노드를 위한 Cu를 가진다. 탭들은 각각 Al 집전체 포일 및 Cu 집전체 포일로서 동일한 두께를 가지며, 78.5 mm의 길이와 5 mm의 폭을 가진다. 젤리 롤 위의 양 탭들의 길이는 2 mm이다.

[0256] 여섯 개의 젤리 롤을 23 mm의 공동 직경, 78.5 mm의 높이 및 0.5mm의 벽 두께를 가지는 여섯 개의 폴리프로필렌 라이너 안으로 삽입하였다. 그런 다음, 이 어셈블리를 길이 148 mm, 높이 90 mm, 폭 26.5 mm 및 벽 두께 1 mm의 Al 케이스 내부로 삽입하였다. Al 모선은 130 mm의 길이, 10 mm의 폭 및 9 mm의 두께를 가진다. 그리고 Cu 모선은 130 mm의 길이, 10 mm의 폭 및 5 mm의 두께를 가진다. 레이저 용접기를 이용하여 젤리 롤의 Al 탭들은 Al 모선 위로 용접되고, Cu 탭들은 Cu 모선 위로 용접된다(도 16b). Al 및 Cu 모선들은 폴리프로필렌 라이너 위에 배치되고, 그것들 사이에는 모선들을 절연시키기 위하여 프로필렌 블록 한 조각이 놓인다. 각각의 개별적인 젤리 롤에 대응하는 여섯 개의 2 mm 구멍이 있으며, 1 mm의 두께, 146 mm의 길이 및 24.5 mm의 폭을 가지는 폴리프로필렌 보드가 모선과 케이스의 상부 커버 사이에 배치된다. 환기부와 여섯 개의 전해질 충전 구멍이 있는 상부 커버는 기밀하게 용접된다. 실시예 2에서와 동일한 전해질이 진공 충전법에 의해 젤리 롤 내부로 충전된다.

[0257] 다중 코어 Li 이온 어셈블리는 형성을 위해 처음에는 3A 정전류로 4.1V까지 충전된다. 형성 후, 상부 커버의 구멍은 금속 볼로 밀봉된다. 다중 코어 Li 이온 어셈블리는 6A 정전류로 4.2V까지 충전되고, 이어서 전류가 0.6A에 이를 때까지 4.2V에서 정전압 충전한다. 방전 용량은 2.75V까지의 정전류 방전에 의해 결정한다. 이러한 모델로부터의 시험 결과를 표 13에 나열하였다.

표 13

	실시예 2	비교예 2	실시예 3	비교예 3
단위 용량(Ah)	34.85	33.48	5.207	5.036
단위 에너지(Wh)	125.5	120.5	18.7	18.1
단위 중량(g)	730.1	725.9	87.8	86.2
단위 부피(mL)	356.9	356.9	40.1	40.1
에너지 밀도(Wh/kg)	171.8	166.0	213.4	210.3
에너지 밀도(Wh/L)	351.6	337.7	467.9	452.6

[0259] 실시예 3

[0260] 실시예 3의 젤리 롤은 다음의 차이점을 제외하고는 실시예 2에서와 동일하다: (i) 캐소드 Al 포일 폭은 63 mm이고, 코팅 영역 폭은 61 mm이다; (ii) 애노드 Cu 포일 폭도 63 mm이고, 코팅 영역 폭은 61 mm이다; (iii) 세퍼레이터 폭은 63 mm이다; 그리고 (iv) 젤리 롤 높이는 65 mm이고, 직경은 24.8mm이다.

[0261] 24.8 mm 직경 및 0.5 mm 두께의 Cu 디스크, NBB를 레이저 용접기를 이용하여 젤리 롤의 Cu 비 코팅 말단 위로

용접하였다. 24 mm 슬릿 개구부는 Cu 디스크이다. 27 mm 직경 및 1 mm 두께의 Al 디스크, PBB를 레이저 용접기를 이용하여 젤리 롤의 Al 비 코팅 말단 위로 용접하였다. 이러한 어셈블리를 직경 27 mm, 높이 69 mm 및 벽 두께 1 mm의 Al 슬리브 안으로 삽입한다. PBB는 레이저 용접기를 이용하여 바닥 Al 슬리브 위로 용접한다. NBB는 Al 슬리브의 상부 커버 위의 음 단자 위로 용접한다. 직경 25 mm, 두께 1 mm이고, 중심부에 2 mm 구멍이 있는 폴리프로필렌 디스크를 상부 커버와 NBB 사이에 배치한다. 기밀한 밀봉을 확실히 하기 위하여, 전해질 충전 구멍 및 환기부가 있는 1 mm 두께의 Al 상부 커버를 Al 슬리브 위로 용접한다. 실시예 2와 동일한 전해질을 젤리 롤 내부로 진공 충전한다(도 16a).

[0262] 단일 코어 Li 이온 셀은 형성을 위해 처음에는 0.5A 정전류로 4.1V까지 충전된다. 형성 후, 상부 커버의 구멍은 금속 볼로 밀봉된다. 1A 정전류로 4.2V까지 충전하고, 이어서 전류가 0.1A에 이를 때까지 4.2V에서 정전압 충전한다. 방전 용량은 2.75V까지의 정전류 방전에 의해 결정한다. 이러한 모델로부터의 시험 결과를 표 13에 나열하였다. 실시예 3은 비교예 3보다 더 높은 용량, 더 높은 에너지 및 더 높은 부피 및 중량 에너지 밀도를 가진다.

[0263] 비교예 3

[0264] 비교예 3의 젤리 롤은 다음의 차이점을 제외하고는 비교예 2와 동일하다: (i) 캐소드 Al 포일 폭은 60 mm이고, 코팅 영역 폭은 60 mm이다; (ii) 애노드 Cu 포일 폭도 62 mm이고, 코팅 영역 폭은 62 mm이다; (iii) 세퍼레이터 폭은 64 mm이다; (iv) 젤리 롤 높이는 64 mm이고, 직경은 24.8mm이다; 그리고 (v) Al 탭과 Cu 탭은 64 mm의 길이와 5 mm의 폭을 가진다. 젤리 롤 위의 양 탭들의 길이는 3 mm이다.

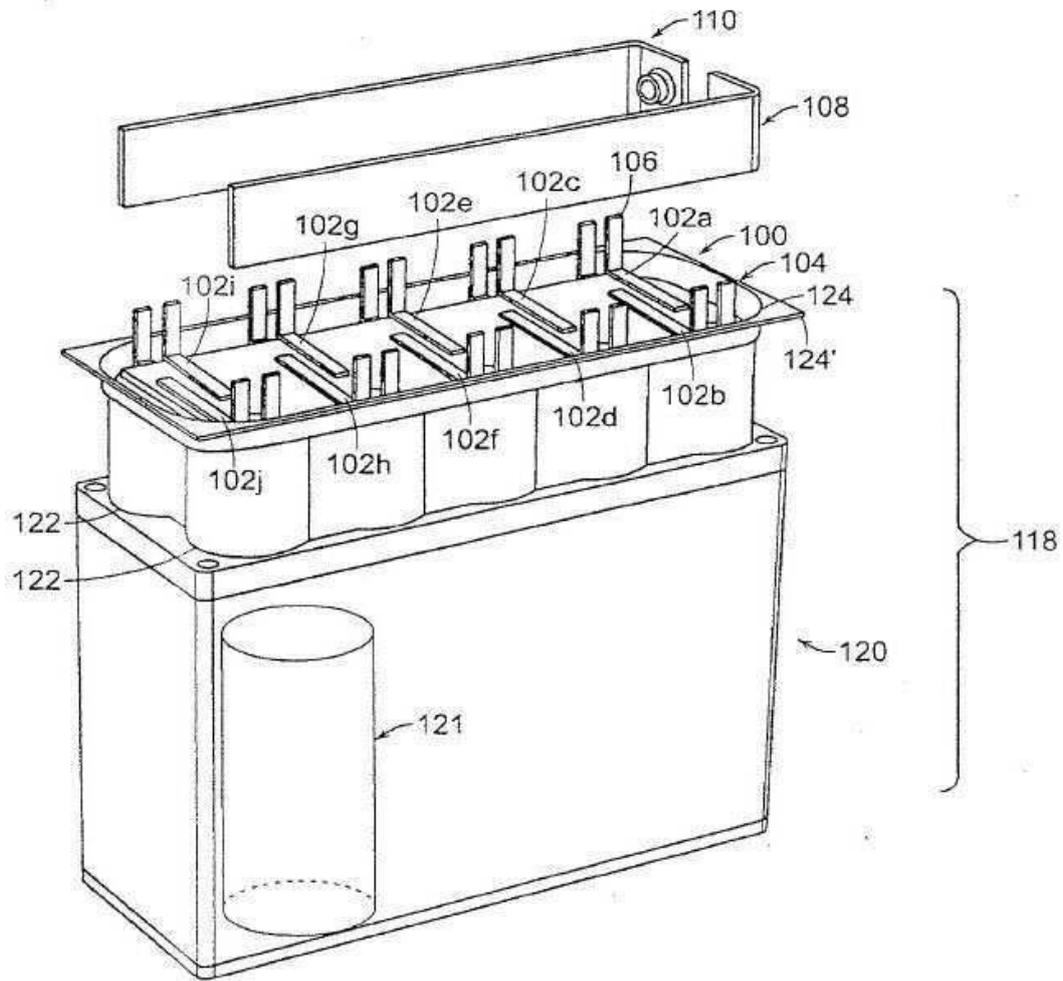
[0265] 이러한 젤리 롤을 높이 69 mm, 직경 27 mm 및 벽 두께 1 mm의 Al 캔 내부로 삽입한다. 직경 25 mm, 두께 1 mm이고, 중심에 2 mm 구멍이 있는 폴리프로필렌 디스크를 상부 커버와 젤리 롤 사이에 배치한다. Cu 및 Al 탭들은 상부 커버 위의 음단자와 양단자 위로 용접된다. 전해질 충전 구멍 및 환기부가 있는 1 mm 두께의 Al 상부 커버를 Al 캔 위로 용접하여, 기밀한 밀봉을 확실히 하였다. 실시예 2에서와 동일한 전해질을 젤리 롤 내부로 진공 충전하였다(도 16b).

[0266] 단일 코어 Li 이온 셀은 형성을 위해 처음에는 0.5A 정전류로 4.1V까지 충전된다. 형성 후, 상부 커버의 구멍은 금속 볼로 밀봉된다. 1A 정전류로 4.2V까지 충전한 후, 전류가 0.1A에 이를 때까지 4.2V에서 정전압 충전한다. 방전 용량은 2.75V까지의 정전류 방전에 의해 결정된다. 시험 결과를 표 13에 나열하였다.

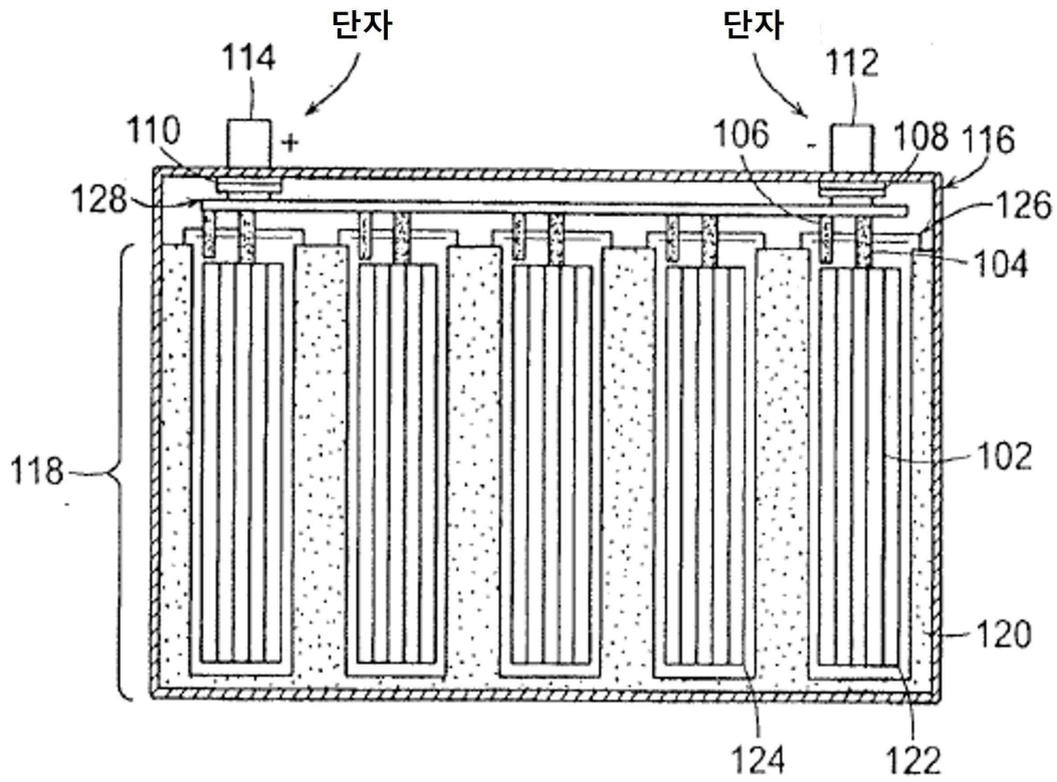
[0267] 본 개시는 당업자에게 용이하게 명백할 것이므로, 본 개시는 이의 사상 또는 본질적인 특징으로부터 벗어나지 않고도 다른 구체적인 형태로 구현될 수 있다. 따라서, 본 구현에는 모든 점에서 예시적인 것으로 간주되고, 제한적인 것으로 간주되지 않는다.

도면

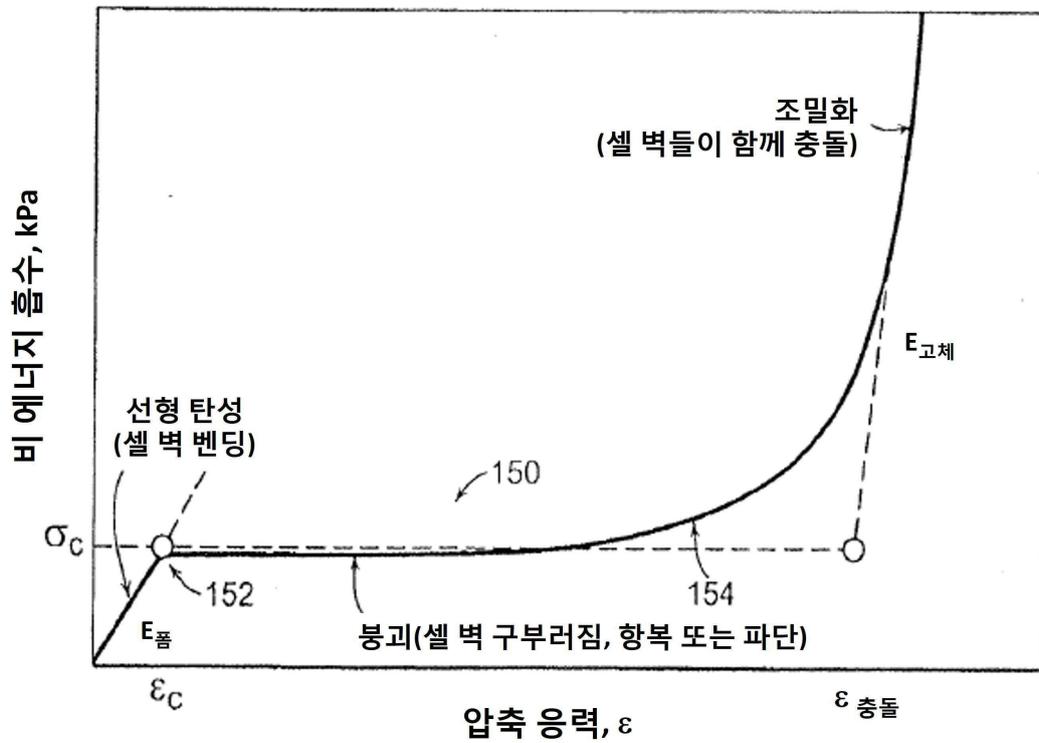
도면1a



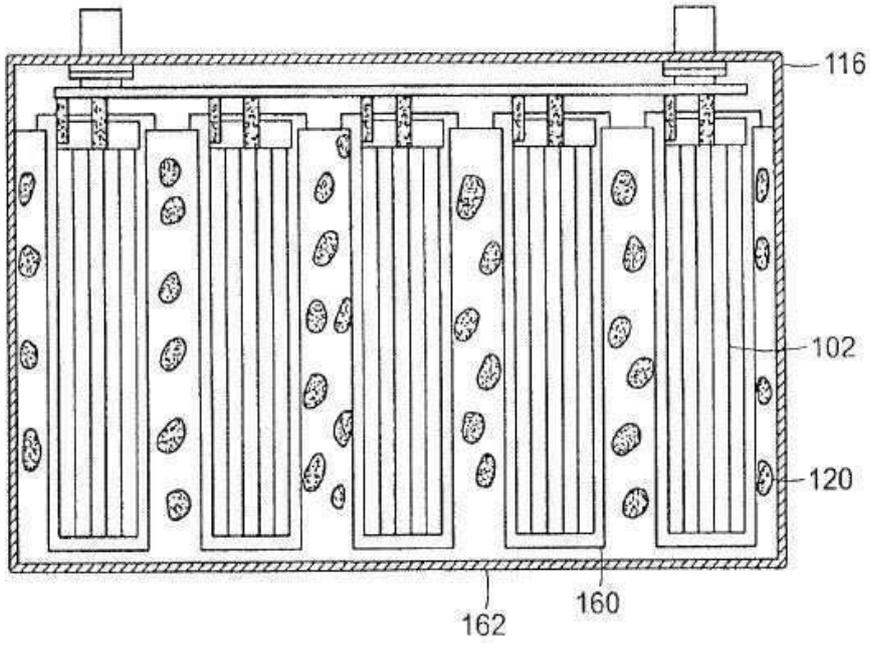
도면1b



도면1c

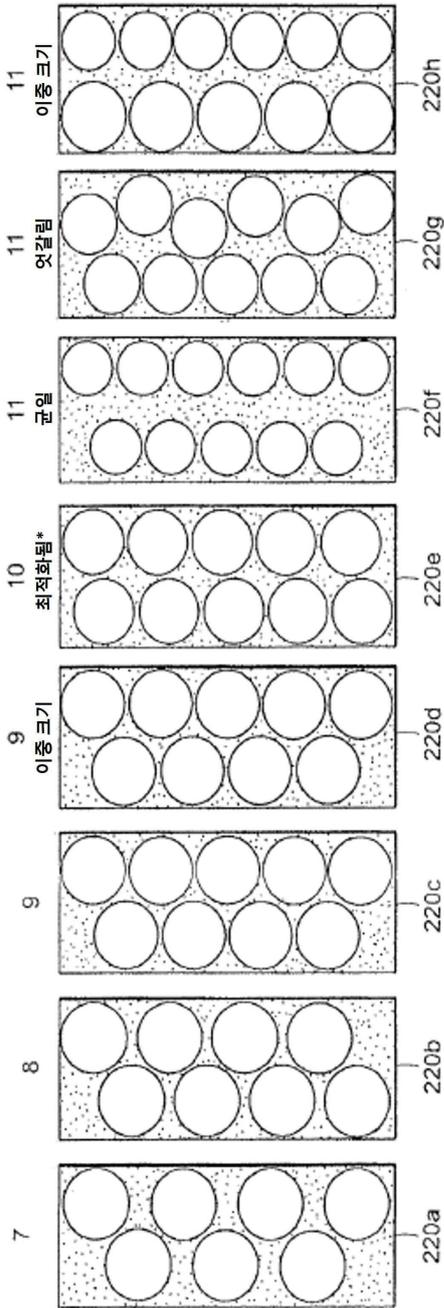


도면1d

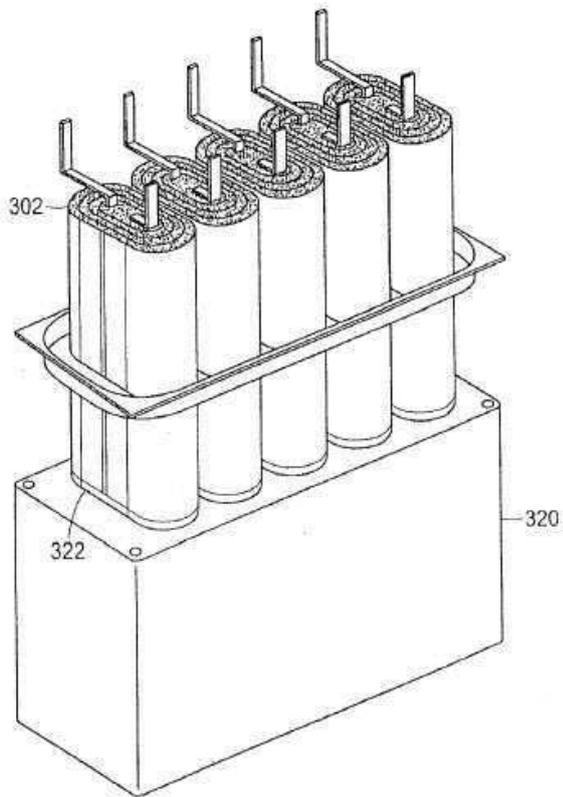


도면2

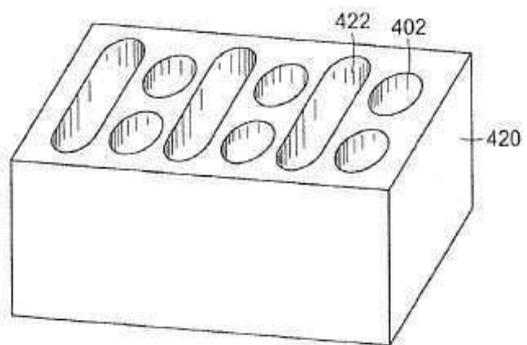
셀의 #	비림직함			비림직함				
	7	8	9	9(이중 크기)	10	11(직선)		
보어 직경 (Mm)	22.79	22.14	21.2	21.2	20.4	18.4		
펠러 볼 직경 (mm)	21.39	20.74	19.8	5 @ 19.84 @ 20.4	19	16		
용량 (Ah)	84.46	90.41	92.11	51.17+43.63=94.8	93.66	70.6		
							11(엇갈림)	11(이중 크기)
							18.22	17.4
							16.82	6 @ 16
							78.95	38.53+51.17=89.7



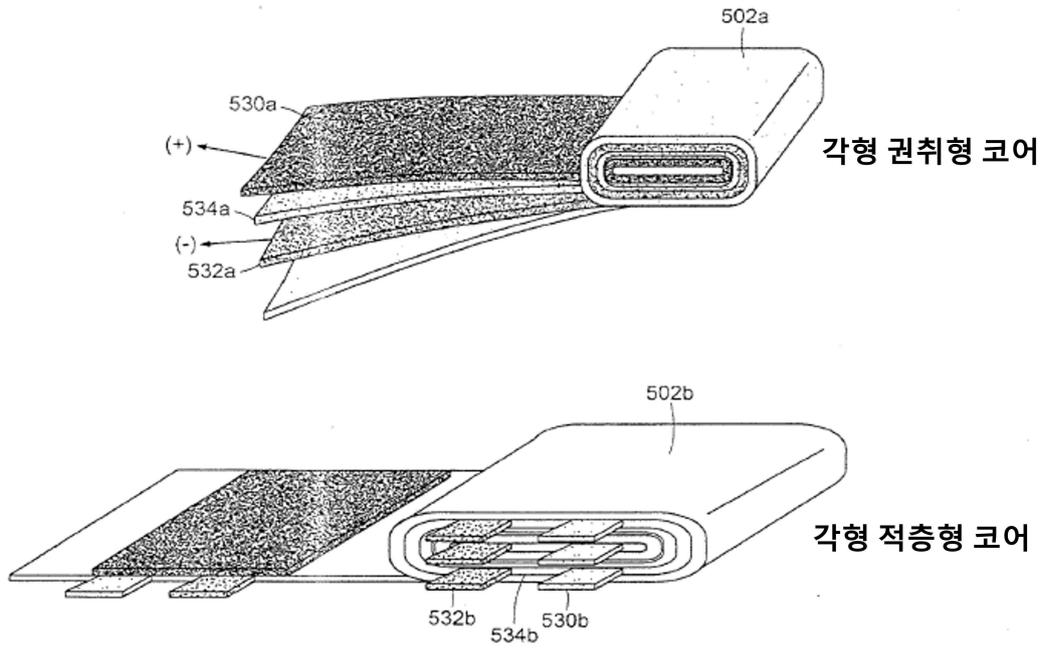
도면3



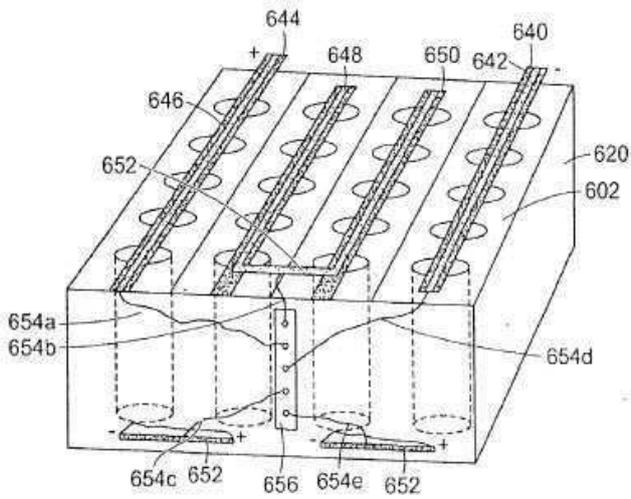
도면4



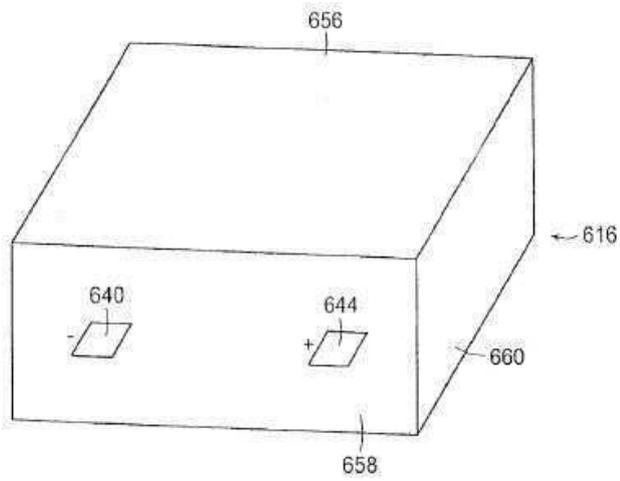
도면5



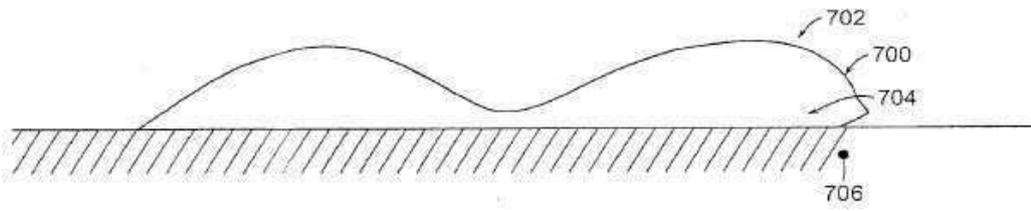
도면6a



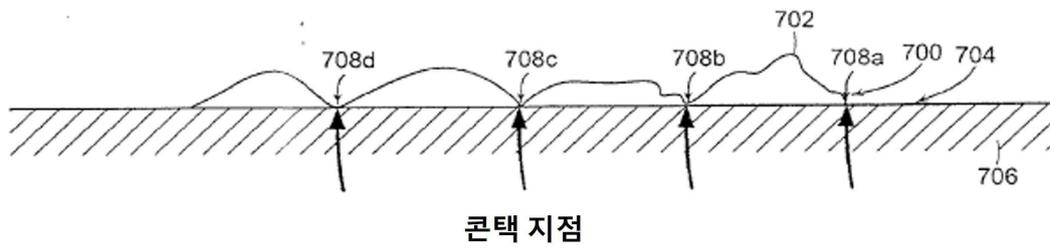
도면6b



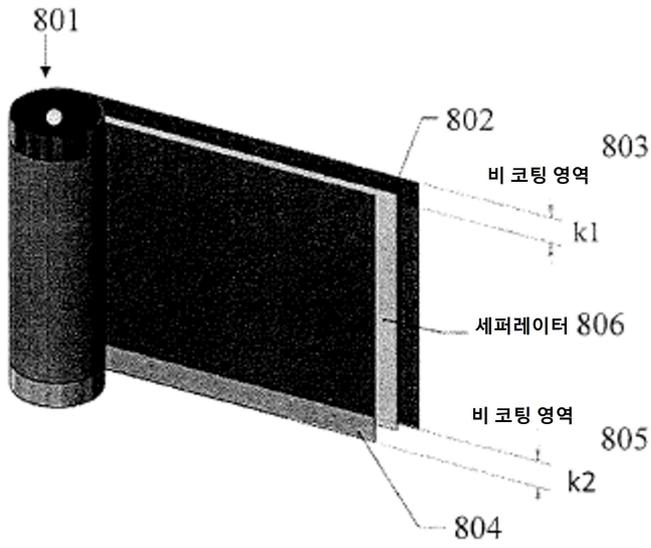
도면7a



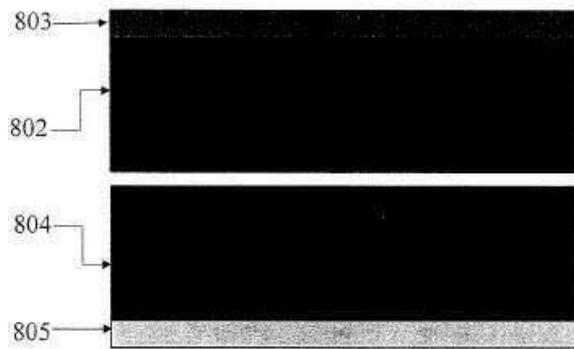
도면7b



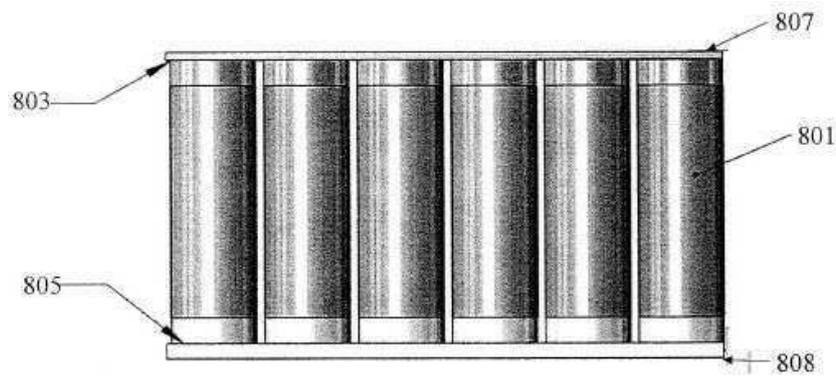
도면8



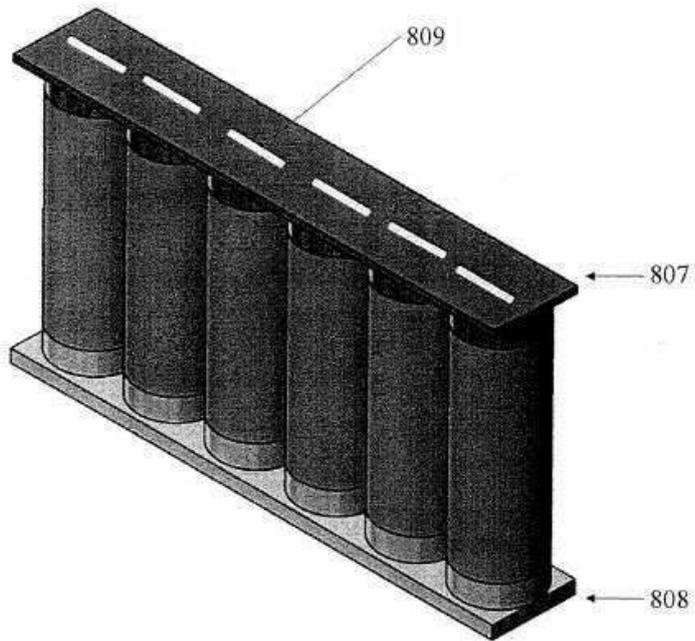
도면9



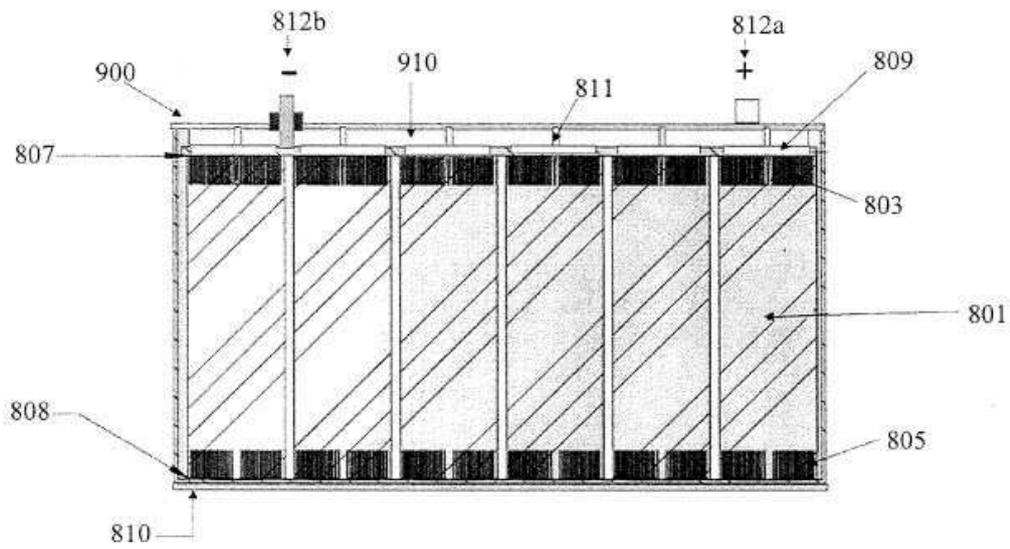
도면10a



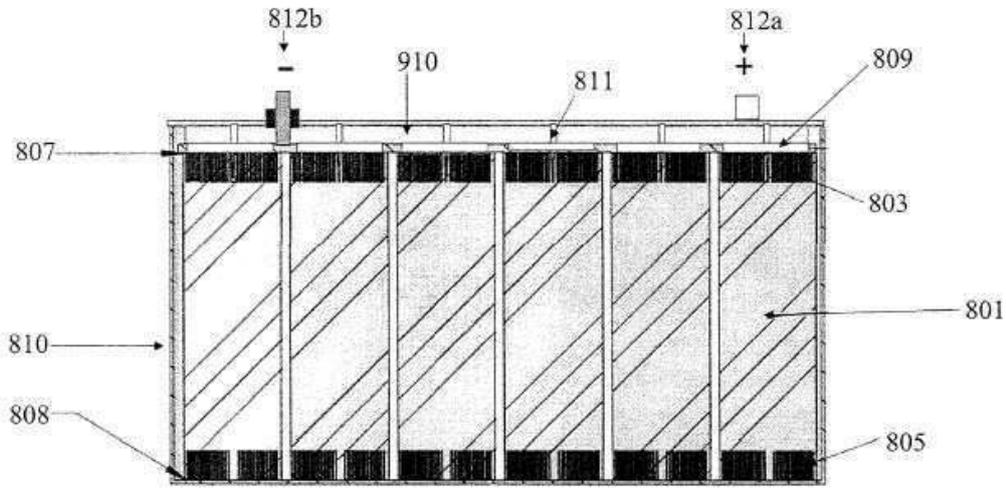
도면10b



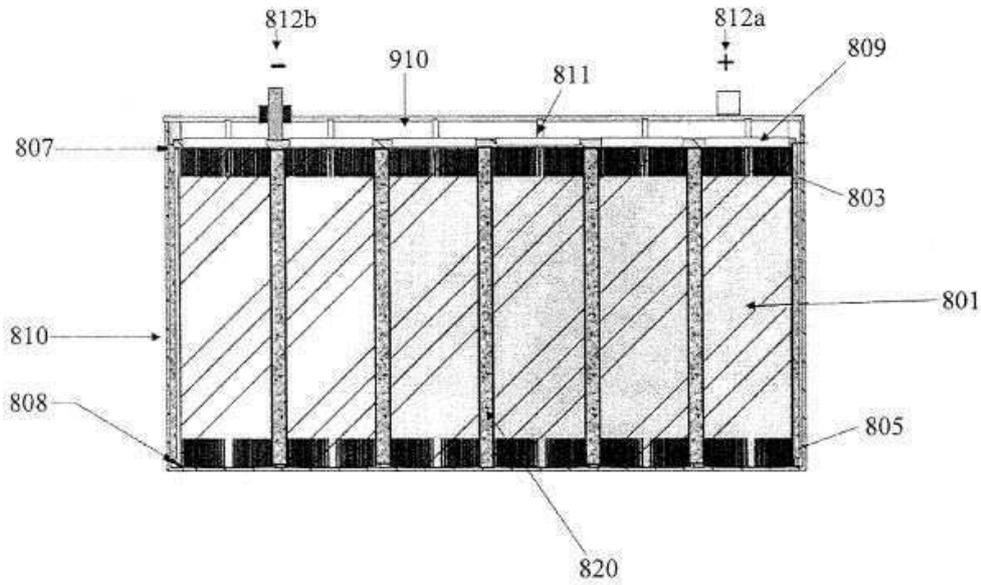
도면11



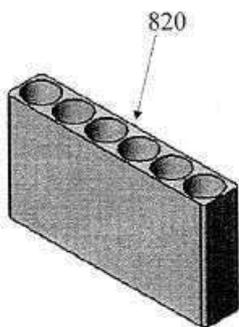
도면12



도면13a



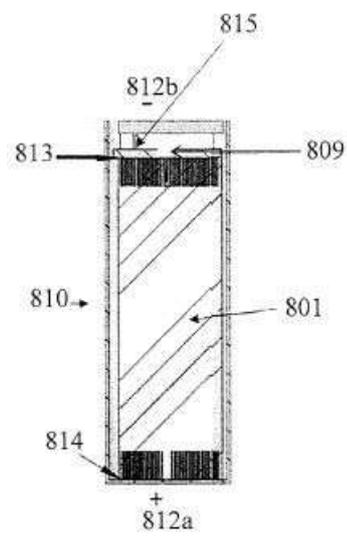
도면13b



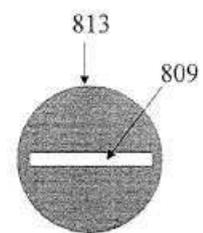
도면14a



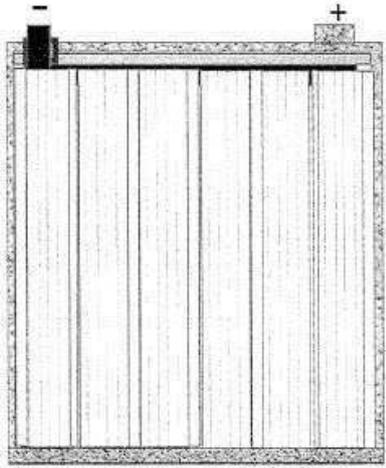
도면14b



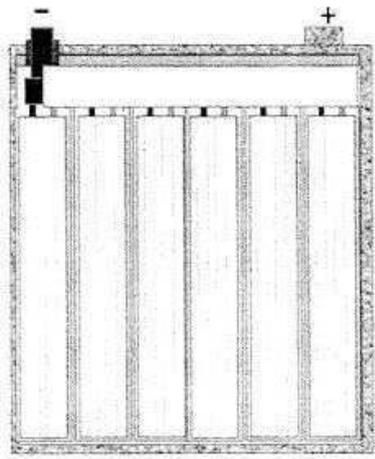
도면14c



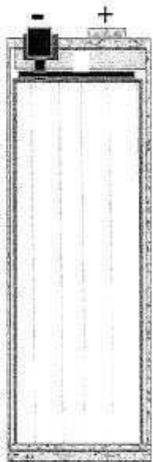
도면15a



도면15b



도면16a



도면16b

