



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0069480
(43) 공개일자 2025년05월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/38 (2006.01) B60L 50/64 (2019.01)
C01B 32/956 (2017.01) H01M 10/0525 (2010.01)
H01M 4/02 (2006.01) H01M 4/04 (2006.01)
H01M 4/133 (2010.01) H01M 4/134 (2010.01)
H01M 4/1393 (2010.01) H01M 4/1395 (2010.01)
H01M 4/36 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01M 4/386 (2025.01)
B60L 50/64 (2023.08)
- (21) 출원번호 10-2024-7037854
(22) 출원일자(국제) 2023년04월14일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년11월13일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/059785
(87) 국제공개번호 WO 2023/198888
국제공개일자 2023년10월19일
- (30) 우선권주장
22168582.9 2022년04월14일
유럽특허청(EPO)(EP)
- (71) 출원인
셀포스 그룹 게엠베하
독일, 72138 키르헨텔린스푸르트, 마흐덴슈트라쎄 6
- (72) 발명자
쑤머 하이노
독일 76344 에겐슈타인-레오폴트샤펜 덴 하거 슈트라쎄 3
- (74) 대리인
남승희, 이강민

전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 실리콘-탄소 복합 재료 및 이를 포함하는 애노드

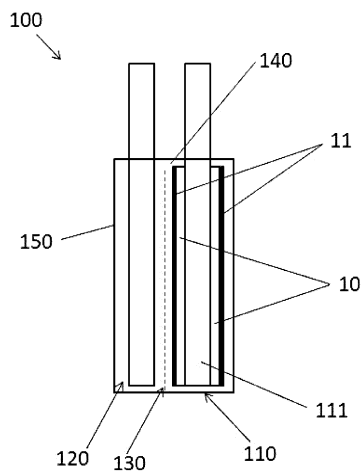
(57) 요약

본 발명은, 실리콘-탄소 복합 재료(10)로서,

- 미세기공 및 메조기공을 포함하고 총 기공 부피가 $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ 초과인 다공성 탄소 스케폴드;
- 실리콘-탄소 복합 재료(10)에 대하여, 30 중량% 이상 내지 75 중량% 이하의 범위 내의 실리콘 함량;

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



- 원소들 Cu, Fe 또는 Ni 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 나노입자 - 나노입자는 실리콘 포함 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치됨 -; 및

- 실리콘 나노와이어 및 탄소 나노와이어로부터 선택되는 나노와이어를 포함하고,

나노와이어는 나노입자 상에서 성장되고, 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 제1 표면 영역 상에 적어도 부분적으로 적용되는 제1 표면 코팅이 제공되고, 표면 코팅은 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함하는, 실리콘-탄소 복합 재료에 관한 것이다. 본 발명은, 추가로, 그러한 실리콘-탄소 복합 재료(10)를 포함하는 애노드(110)에 관한 것이다.

(52) CPC특허분류

C01B 32/956 (2021.01)

H01M 10/0525 (2013.01)

H01M 4/0435 (2013.01)

H01M 4/0471 (2013.01)

H01M 4/133 (2013.01)

H01M 4/134 (2013.01)

H01M 4/1393 (2013.01)

H01M 4/1395 (2013.01)

H01M 4/366 (2022.01)

명세서

청구범위

청구항 1

실리콘-탄소 복합 재료(10)로서,

- 미세기공(micropore) 및 메조기공(mesopore)을 포함하고 총 기공 부피가 $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ 초과인 다공성 탄소 스캐폴드(scaffold);
- 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)에 대하여, 30 중량% 이상 내지 75 중량% 이하의 범위 내의 실리콘 함량;
- 원소들 Cu, Fe 또는 Ni 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 나노입자 - 상기 나노입자는 상기 실리콘 포함 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치됨 -; 및
- 실리콘 나노와이어 및 탄소 나노와이어로부터 선택되는 나노와이어를 포함하고,

상기 나노와이어는 상기 나노입자 상에서 성장되고, 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 제1 표면 영역 상에 적어도 부분적으로 적용되는 제1 표면 코팅이 제공되고, 상기 표면 코팅은 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함하는, 실리콘-탄소 복합 재료(10).

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 제1 표면 코팅은 층으로서 형성되고, 상기 제1 표면 코팅의 층은 0 nm 초과 내지 0.3 nm 이하의 두께를 갖고 원소들 Al, Si, Ti, Zr 및 Nb 중 적어도 하나 이상의 원소 또는 상기 언급된 원소들의 조합으로부터의 금속 산화물 또는 비정질 탄소를 포함하는, 실리콘-탄소 복합 재료(10).

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 제1 표면 코팅은 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면 영역의 적어도 50%를 덮고 있는, 실리콘-탄소 복합 재료(10).

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 임의의 한 청구항에 있어서, 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면 영역은 상기 제1 표면 코팅에 의해 그리고 추가로 제2 표면 코팅에 의해 적어도 부분적으로 덮이고, 상기 제2 표면 코팅은 상기 제1 표면 코팅 위에, 상기 제1 표면 코팅 옆에, 또는 상기 제1 표면 코팅 위에 그리고 상기 제1 표면 코팅 옆에 적어도 부분적으로 적용되는, 실리콘-탄소 복합 재료(10).

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 제2 표면 코팅은 탄소 코팅으로서 형성되는, 실리콘-탄소 복합 재료(10).

청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 임의의 한 청구항에 있어서, 상기 나노입자는 Cu, Fe 및 Ni로부터의 하나 이상의 원소의 금속 산화물을 포함하는, 실리콘-탄소 복합 재료(10).

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 임의의 한 청구항에 있어서, 단결정(monocrystalline) 실리콘 및 다결정(polycrystalline) 실리콘, 또는 이들의 조합을 포함하는 실리콘 나노와이어가 제공되는, 실리콘-탄소 복합 재료(10).

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 임의의 한 청구항에 따른 실리콘-탄소 복합 재료(10)를 제조하는 방법으로서,

- 미세기공 및 메조기공을 갖는 다공성 탄소 스캐폴드를 제공하는 단계;
- 실리콘, 및 추가로 선택적으로, 원소들 Fe, Al, Ni, W 및 Ti 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 화합물을, 특히 화학 증기 침투(chemical vapor infiltration)에 의해 상기 다공성 탄소 스캐폴드의 미세기공 및 메조기공 내로 도입하여 실리콘-탄소 복합 재료를 형성하는 단계;
- 탄소 나노와이어 및 실리콘 나노와이어로부터 선택된 나노와이어를, 특히 화학 기상 증착(chemical vapor deposition)에 의해 상기 다공성 탄소 스캐폴드에 부착하는 단계 - 여기서, 상기 나노와이어는 상기 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치되는 나노입자 상에서 성장되고, 상기 나노입자는 Cu, Fe 및/또는 Ni로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함함 -; 및
- 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면 영역 상에 적어도 제1 표면 코팅을 적용하는 단계 - 상기 제1 표면 코팅은 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함하고, 상기 제1 표면 코팅은 상기 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역을 적어도 부분적으로 덮음 - 를 포함하는, 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 적어도 하나의 표면 코팅은 기체상 증착(deposition) 방법을 통해 적용되는, 방법.

청구항 10

청구항 8 또는 청구항 9에 있어서, 상기 제1 표면 코팅은 원소들 Al, Si, Zr 및 Nb 중 적어도 하나의 원소로부터의 금속 산화물을 포함하는, 방법.

청구항 11

청구항 8 내지 청구항 10 중 임의의 한 청구항에 있어서, 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)는 금속 알콕사이드 또는 금속 아미드 또는 알킬 금속 화합물로 처리되어, 가공된 화합물 표면을 형성하고, 상기 가공된 화합물 표면은 수분 또는 산소 또는 오존으로 처리되어 상기 제1 표면 코팅을 형성하는, 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)를 금속 알콕사이드 또는 금속 아미드 또는 알킬 금속 화합물로 처리하여, 가공된 화합물 표면을 형성하는 것, 및 상기 가공된 화합물 표면을 수분 또는 산소 또는 오존으로 후속하여 처리하는 것은 적어도 1회 반복되는, 방법.

청구항 13

청구항 11 또는 청구항 12에 있어서, 상기 가공된 화합물 표면을 수분 또는 산소 또는 오존으로 처리하는 동안, 150° C 내지 550° C의 범위 내의 온도가 적용되는, 방법.

청구항 14

청구항 1 내지 청구항 7 중 임의의 한 청구항에 따른 실리콘-탄소 복합 재료(10)를 포함하는, 전기화학적 에너지 저장 장치(100)를 위한 애노드(110).

청구항 15

청구항 14에 따른 애노드(110)를 제조하는 방법으로서,

- 청구항 1 내지 청구항 7 중 임의의 한 청구항에 따른 실리콘-탄소 복합 재료(10)를 적어도 하나의 탄소와 혼합하는 단계,
- 상기 실리콘-탄소 복합 재료(10)와 적어도 하나의 탄소의 혼합물을 적어도 하나의 결합제와 결합하여 전극 페이스트를 형성하는 단계,
- 상기 전극 페이스트를 전도체 포일과 같은 전기 전도체의 적어도 하나의 표면 상에 적어도 부분적으로 적용하는 단계, 및
- 상기 애노드(110)를 형성하기 위해, 특히 100° C 이상 내지 140° C 이하의 온도에서, 상기 전극 페이스트가 적용된 상기 전기 전도체를 건조시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서, 상기 결합제는 수성 결합제 용액 또는 비수성 결합제 용액에 사용되고, 페이스트형 전극 페이스트가 형성되는, 방법.

청구항 17

청구항 15에 있어서, 고체 결합제가 사용되고, 고체 전극 페이스트가 형성되는, 방법.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 상기 고체 전극 페이스트는 캘린더링 방법에 의해 전기 전도체의 적어도 하나의 표면 상에 적어도 부분적으로 적용되는, 방법.

청구항 19

특히 리튬 이온 배터리로써 형성되는 전기화학적 저장 장치(100)로서,

- 청구항 14에 따른 적어도 하나의 애노드(110);
- 적어도 하나의 캐소드(120);
- 상기 캐소드(120)와 상기 애노드(110) 사이에 배치되는 세퍼레이터(130); 및
- 리튬 이온을 포함하는 전해질(140)을 포함하는, 전기화학적 저장 장치(100).

청구항 20

전기 엔진 및 상기 전기 엔진에 전기 에너지를 공급하기 위한 전기화학적 에너지 저장 장치(100)를 포함하는 전기 구동식 차량으로서, 상기 전기화학적 에너지 저장 장치(100)는 청구항 19에 따라 형성되는 것을 특징으로 하는, 전기 구동식 차량.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 특히 전기화학적 에너지 저장 장치를 위한 애노드에 사용될 때 개선된 특성을 나타내는 실리콘-탄소 복합 재료에 관한 것이다. 본 발명은, 추가로, 전기화학적 에너지 저장 장치를 위한 애노드, 및 그러한 애노드를 포함하는 전기화학적 에너지 저장 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기화학적 에너지 저장 장치는 당업계에 널리 알려져 있다. 특히, 차량의 전기화가 진전됨에 따라, 전기화학적 에너지 저장 장치가 점점 더 중요해지고 있다. 이와 관련하여, 특히 충전 특성은 시장에서 더 잘 수용되는 데 더 중요해지고 있다.

[0003] 추가로, 미세기공, 메조기공(mesopore) 및/또는 거대기공을 포함하는 기공 부피를 포함하는 탄소 재료로부터 생성될 수 있는 실리콘-탄소 혼합물이 알려져 있다. 그러한 탄소 혼합물은 실리콘-탄소 복합 재료의 생성을 위한 스캐폴드(scaffold)로서 역할을 할 수 있다. 다공성 탄소 재료의 기공 부피를 실리콘으로 함침시키는 것은 실리콘이 나노 크기로 제공되는 것으로 실현될 수 있다. 일반적으로, 실리콘은, 예컨대 흑연보다 상당히 더 높은 에너지 밀도를 포함한다. 예를 들어, 실리콘의 에너지 밀도는 흑연의 에너지 밀도를 10배만큼 초과한다.

[0004] 함침(impregnation)에 더하여, 그러한 함침된 탄소 재료는, 여전히 존재하는 다공성 표면이 추가로 감소되도록 코팅될 수 있다. 가능한 코팅은, 예컨대, 중합체, 특히 전도성 중합체, 탄소 또는 금속 산화물로 구성될 수 있다.

[0005] 게다가, 실리콘이 함침된 탄소 재료는 재료 조성물로서 다른 재료와 결합하여 사용될 수 있다. 알려진 재료 조성물은 결합제 및/또는 탄소 입자를 포함한다. 그러한 재료 조성물은, 전형적으로, 전극 재료, 특히 양극 재료로서 전기화학 전지, 특히 리튬 이온 배터리 셀에 이용된다.

[0006] 예를 들어, 미국 공개 제2017/0170477호는 다공성 탄소 스캐폴드 및 실리콘을 포함하는 복합체를 개시하며, 여

기에서 복합체는 15 내지 85 중량%의 실리콘 및 $0.05 \text{ cm}^3/\text{g}$ 내지 $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ 의 범위 내의 질소 접근불가 부피를 포함하고, 복합체는 헬륨 비중측정법에 의해 측정될 때 1.5 g/cm^3 내지 2.2 g/cm^3 의 범위 내의 입자 스캐폴드 밀도를 갖는 복수의 입자를 포함한다.

[0007] 전기화학적 에너지 저장 장치, 특히 Li 이온 배터리의 중요성이 급격히 증가함으로 인해, 그러한 장치의 형성 분야에서의 추가적인 개발 및 개선이 지속적으로 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 상기에 기초하여, 본 발명의 목적은 종래 기술의 적어도 하나의 단점을 적어도 부분적으로 극복하는 것이다. 특히, 본 발명의 목적은 전기화학적 에너지 저장 장치에서 개선된 충전 특성을 제공하는 수단을 제공하는 것이다. 추가로, 본 발명의 목적은 양호한 사이클링 안정성 및 긴 수명을 나타내는 전기화학적 에너지 저장 장치에서의 수단을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 이들 목적은 청구항 1에 따른 실리콘-탄소 복합 재료에 의해 적어도 부분적으로 해결된다. 이는

[0010] 청구항 1에 따른 표면 코팅된 실리콘-탄소 복합 재료를 제조하기 위한 방법, 청구항 14에 따른 애노드, 청구항 15에 따른 애노드를 제조하기 위한 방법, 청구항 19에 따른 전기화학적 저장 장치, 및 청구항 20에 따른 전기구동식 차량. 본 발명의 바람직한 실시예들은 종속항 및 하기의 설명에서 설명되며, 이들 각각은 명시적으로 제외되지 않는 한 개별적으로 또는 조합하여 본 발명의 태양을 나타낼 수 있다. 특징부가 다른 특징부와 조합하여 도시되는 경우, 이는 단지 본 발명의 단순화된 예시를 위한 것이며, 결코 이러한 특징부가 다른 특징부 없이는 본 발명의 추가 특징부가 될 수 없다는 것을 의미하도록 의도되지 않는다.

[0011] 실리콘-탄소 복합 재료로서,

[0012] - 미세기공 및 메조기공을 포함하고 총 기공 부피가 $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$ 초과인 다공성 탄소 스캐폴드;

[0013] - 실리콘-탄소 복합 재료에 대하여, 30 중량% 이상 내지 75 중량% 이하의 범위 내의 실리콘 함량;

[0014] - 원소들 Cu, Fe 또는 Ni 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 나노입자

[0015] - 나노입자는 실리콘 포함 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치됨 -; 및

[0016] - 실리콘 나노와이어 및 탄소 나노와이어로부터 선택되는 나노와이어를 포함하고,

[0017] 나노와이어는 나노입자 상에서 성장되고, 실리콘-탄소 복합 재료의 제1 표면 영역 상에 적어도 부분적으로 적용되는 제1 표면 코팅이 제공되고, 표면 코팅은 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함하는, 실리콘-탄소 복합 재료가 설명된다.

[0018] 그러한 실리콘-탄소 복합 재료는 종래 기술로부터 알려져 있지 않지만, 특히 전기화학적 에너지 저장 장치의 애노드에 사용될 때, 종래 기술의 해결책에 비해 상당한 이점을 나타낸다.

[0019] 설명된 복합 재료는 실리콘-탄소 복합 재료이고, 그에 따라, 적어도 실리콘 및 탄소 원소를 포함하며, 여기에서 실리콘은 탄소 스캐폴드의 기공 내에 제공된다.

[0020] 용어 탄소는, 탄소로 구성되거나 적어도 탄소를 포함하는 재료 또는 물질을 지칭한다. 이와 관련하여, 탄소 재료는 고순도, 비정질 및 결정질 재료를 포함할 수 있다. 탄소는 활성탄, 열분해 건조 중합체 겔, 열분해 중합체 크리오겔, 열분해 중합체 크세로겔, 열분해 중합체 에어로겔, 활성 건조 중합체 겔, 활성 중합체 크리오겔, 활성 중합체 크세로겔, 활성 중합체 에어로겔, 또는 이들의 조합일 수 있다. 추가 실시예에서, 탄소는 코코넛 껍질 또는 다른 유기 폐기물의 열분해에 의해 생성가능하다. 이와 관련하여, 중합체는 2개 이상의 반복 구조 단위를 포함하는 분자이다. 다공성 탄소는, 그가 통상적으로 생산하기 용이하고 통상적으로 불순물이 적고 기공 부피가 크다는 이점을 제공한다. 그 결과, 다공성 탄소는 양호한 전기 전도성과 높은 기계적 및 화학적 안정성을 나타낸다. 일 실시예에서, 탄소 재료는 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이 높은 미세기공 부피 비율을 갖는다.

[0021] 하나의 추가 실시예에서, 탄소는 경질 탄소 재료, 흑연질 탄소, 또는 산화물 함유 화합물이다. 예를 들어, 산화

물 함유 화합물은 실리콘 산화물(SiO_2)이다. 대안적으로, 산화물 함유 화합물은 티타늄 산화물(TiO_2), 주석 산화물(SnO_2), 또는 다른 산화물이다. 경질 탄소 재료는 흑연화 불가능한 탄소 재료이다. 경질 탄소는 그가 상승된 온도(전형적으로 1500°C 초과)에서 비정질 상태로 유지된다는 점에서 이점을 제공하는 반면, "연질" 탄소는 결정화되어 흑연이 된다.

[0022] 일 실시예에서, 탄소는 개질된 경질 탄소일 수 있다. 개질된 경질 탄소는 탄소, 특히 경질 탄소 및 리튬 합금 재료 둘 모두를 포함하는 복합 재료이다. 리튬 합금 재료는 실리콘, 주석, 게르마늄, 니켈, 알루미늄, 망간, 알루미늄(Al_2O_3), 티타늄, 티타늄 산화물, 황, 몰리브덴, 비소, 갈륨, 인, 셀레늄, 안티몬, 비스무트, 텔루륨 또는 인듐, 또는 리튬을 흡수할 수 있는 임의의 다른 금속 또는 준금속(metalloid)일 수 있다.

[0023] 실리콘 부분은 순수 실리콘, 또는 실리콘을 포함하는 재료 조성물일 수 있다. 예를 들어, 실리콘 부분은 적어도 하나의 합금일 수 있다. 합금은 실리콘-티타늄 합금(Si-Ti), 실리콘 철 합금(Si-Fe), 실리콘 니켈 합금(Si-Ni)일 수 있다. 추가 실시예에서, 실리콘 부분은 P-도펀트(dopant), As-도펀트 또는 N-도펀트로 구성될 수 있다. P-도펀트는 통상적으로 인 도펀트이고, As-도펀트는 통상적으로 비소 도펀트이고, N-도펀트는 통상적으로 질소 도펀트이다.

[0024] 실리콘 탄소 복합 재료 및 특히 그의 기공에 실리콘이 존재하는 것은, 일반적으로, 실리콘이, 예컨대 흑연보다 상당히 더 높은 에너지 밀도를 포함하기 때문에 유리할 수 있다. 예를 들어, 실리콘의 에너지 밀도는 흑연의 에너지 밀도를 10배만큼 초과한다.

[0025] 실리콘-탄소 복합 재료는, 미세기공 및 메조기공을 포함하고 총 기공 부피가 $0.5\text{ cm}^3/\text{g}$ 초과인 다공성 탄소 스케폴드를 포함한다. 전형적으로, 다공성 탄소는 기공 부피로도 지칭되는 기공(pore) 공간을 가지며, 여기에서 기공 공간은 가스 또는 유체로 채울 수 있는 탄소 내의 공극들(기공들)의 그룹이다. 한편으로, 이러한 실시예는 애노드 및 그에 따른 전기화학적 에너지 저장 장치의 중량을 상당히 감소시킬 수 있다.

[0026] 이러한 실시예는, 특히 실리콘-탄소 복합 재료가 애노드에 사용되고 각각 준비된 전기화학적 에너지 저장 장치가 차량과 같은 모바일 응용에 사용되는 경우 가장 중요할 수 있다. 그 외에도, 전기화학적 특성도 개선될 수 있다. 이와 관련하여, 다공성 배열체는, 그가 통상적으로 생산하기 용이하고 통상적으로 불순물이 적고 기공 부피가 크다는 이점을 제공한다. 그 결과, 다공성 탄소는 양호한 전기 전도성과 높은 기계적 및 화학적 안정성을 나타낸다.

[0027] 따라서, 다공성 탄소 스케폴드는 미세기공 및 메조기공을 포함한다. 본 발명의 의미에서의 미세기공은 직경이 2 nm 미만인 기공으로서 정의되는 반면, 본 발명의 의미에서의 메조기공은 직경이 2 nm 내지 50 nm인 기공으로서 정의된다.

[0028] 추가로, 실리콘-탄소 복합 재료는, 실리콘-탄소 복합 재료에 대하여, 30 중량% 이상 내지 75 중량% 이하의 양의 실리콘 함량을 갖는다. 실리콘-탄소 복합 재료의 총 질량 중 실리콘 함량은 통상적으로 30% 내지 75%, 특히 40% 내지 60%이다. 이러한 실시예는 매우 효율적인 방식으로, 특히 충전 시간 또는 다른 충전 특성과 관련하여 충전 프로세스를 개선할 수 있다.

[0029] 실리콘-탄소 복합 재료는 나노입자를 추가로 포함한다. 포함된 나노입자는 그가 원소들 Cu, Fe 및 Ni 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명의 의미에서, 원소들 Cu, Fe 및 Ni를 포함하는 것은 나노입자가 순수한 금속 형태로, 또는 화학 화합물 또는 합금 내의 원자 성분으로서, 또는 금속 산화물로서 원소를 포함한다는 것을 의미할 것이다. 나노입자가 CuO 또는 Fe_2O_3 를 포함하는 것이 특히 바람직할 수 있다. 추가로 그 리고 크기와 관련하여, 본 발명의 의미에서의 나노입자는 그가 나노미터 범위, 즉 10 nm 이하, 예를 들어 7 nm 이하의 범위 내에서 최대 직경을 갖는 것으로 정의된다. 특히, 나노와이어는 3 nm 이상 내지 10 nm 이하의 범위 내의 길이를 가질 수 있다.

[0030] 구체적인 배열과 관련하여, 실리콘-탄소 복합 재료는, 나노와이어가 다공성 실리콘 포함 탄소 스케폴드의 표면에 위치되고 아래에서 설명되는 바와 같이 나노와이어를 형성하기 위한 시드(seed) 입자로서 역할을 할 수 있도록 배열된다.

[0031] 따라서, 실리콘-탄소 복합 재료는, 실리콘 나노와이어 및 탄소 나노와이어로부터 선택되는 나노와이어를 추가로 포함한다. 따라서, 실리콘-탄소 복합 재료는 실리콘 나노와이어, 탄소 나노와이어, 또는 실리콘 나노와이어와 탄소 나노와이어의 혼합물을 포함할 수 있다.

- [0032] 일반적인 정의로서 그리고 당업계에 주지된 바와 같이, 나노와이어는 나노미터 정도의 직경을 갖는 와이어 형태의 나노구조체이다. 더 정확하게는, 나노와이어는, 두께 또는 직경이 수십 나노미터 이하, 특히 100 nm 이하, 예를 들어 50 nm 이하로 제한되고 길이가 제한되지 않은 구조체로서 정의될 수 있다.
- [0033] 당업계에 주지된 바와 같이, SiNW로도 지칭되는 실리콘 나노와이어는 고체의 에칭에 의해 또는 기상 또는 액상으로부터의 촉매 성장을 통해 실리콘 전구체로부터 가장 흔히 형성되는 일종의 반도체 나노와이어이다. 본 발명에 따르면, 나노와이어는 나노입자 상에서 성장되며, 이는 그에 따라 시드 입자로서 역할을 할 수 있다.
- [0034] 단결정 실리콘, 다결정 실리콘, 또는 이들의 조합을 포함하는 실리콘 나노와이어가 제공되는 것이 바람직하다. 다시 말하면, 실리콘 나노와이어가 단결정 형태만을, 다결정 형태만을, 또는 후자의 혼합물을 포함하는 경우 바람직할 수 있다.
- [0035] 탄소 나노와이어는 실리콘 나노와이어에 상응하게, 에컨대 고체의 에칭에 의해 또는 기상 또는 액상으로부터의 촉매 성장을 통해 또는 특히 화학 기상 증착으로부터의 촉매 성장에 의해 탄소 전구체로부터 형성될 수 있다. 이번에도, 나노입자는 시드 입자로서 역할을 할 수 있다.
- [0036] 추가로, C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함하는, 실리콘-탄소 복합 재료의 제1 표면 영역 상에 적어도 부분적으로 적용되는 제1 표면 코팅이 제공된다. 이러한 표면 코팅 및 각각의 영역은 제1 표면 코팅 및 제1 표면 영역으로 불리우며, 선택적으로, 제2 표면 코팅 및 제2 표면 영역이 있을 수 있는데, 이는 아래에서 더 상세히 설명된다.
- [0037] 따라서, 제1 표면 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료의 적어도 일부를 덮고, 더 구체적으로는, 나노입자 및 나노와이어와 함께 실리콘 포함 탄소 스캐폴드를 적어도 부분적으로 덮는다. 제1 표면 코팅은 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함하고, 그에 따라, 이들 원소들 중 하나만을 포함하거나 전술한 원소들 중 2개 이상의 원소들의 혼합물을 포함한다. 본 발명의 의미에서, 원소들 Al, Si, Ti, Zr 및 Nb를 포함하는 것은 제1 표면 코팅이 순수한 금속 형태로 또는 화학 화합물 또는 합금 내의 원자 성분으로서 원소를 포함한다는 것을 의미할 것이다. 특히 바람직하게는, 제1 표면 코팅은 전술한 원소의 산화물을 포함하며, 여기에서 알루미늄 산화물(Al_2O_3)이 특히 바람직하다.
- [0038] 적어도 부분적으로 적용된 제1 표면 코팅이 층으로서 형성되는 것이 각각 준비된 애노드의 전자적 특성과 관련하여 특히 바람직하며, 여기에서 표면 코팅의 층은 0 nm 초과 내지 0.3 nm 이하의 두께를 갖고, 원소들 Al, Si, Ti, Zr 및 Nb 중 적어도 하나 이상의 원소 또는 전술한 원소들의 조합으로부터의 금속 산화물 또는 비정질 탄소를 포함한다.
- [0039] 추가로, 제1 표면 코팅이 실리콘-탄소 복합 재료 및 그에 따라 실리콘 포함 탄소 스캐폴드 및 나노와이어뿐만 아니라 나노입자의 표면 영역의 적어도 50%를 덮고 있는 것이 바람직하다. 예를 들어, 제1 표면 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역의 적어도 70%를 덮고 있고, 바람직하게는 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역의 적어도 95%를 덮고 있다. 일례로서, 제1 표면 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역의 100%를 덮고 있다.
- [0040] 함침 및/또는 코팅된 탄소 재료의 이점은 리튬 이온 저장 용량의 안정성의 개선이며, 이는 리튬 이온 배터리 셀의 충전 용량을 증가시킨다.
- [0041] 그러한 실리콘 탄소 복합 재료는 뛰어난 전자적 특성에 도달하게 하는 이점에 도달한다. 그러한 특성은, 특히, 설명된 실리콘-탄소 복합 재료를 갖춘 애노드의 개선된 충전 거동을 허용할 수 있다.
- [0042] 추가로, 실리콘-탄소 복합 재료의 제1 표면 영역을 적어도 부분적으로 덮는 제1 표면 코팅에 추가로, 제2 실리콘-탄소 복합 코팅이 제공되는 것이 바람직할 수 있다. 그러한 제2 표면 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역을 적어도 부분적으로 덮는다. 따라서, 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역은 제1 표면 코팅에 의해 그리고 추가로 상기 제2 표면 코팅에 의해 적어도 부분적으로 덮인다. 제2 표면 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료 및 그에 따라 실리콘 포함 탄소 스캐폴드, 나노입자 및 나노와이어의 제2 표면 영역을 덮을 수 있다. 제2 표면 영역은 제1 표면 영역과는 상이할 수 있거나, 그는 제1 표면 영역과 부분적으로 중첩될 수 있거나, 또는 그는 제1 표면 영역과 동일할 수 있다. 결과적으로, 제2 표면 코팅은 제1 표면 코팅 위에 및/또는 제1 표면 코팅 옆에 그리고 그에 따라 그와 나란히 적어도 부분적으로 적용된다.
- [0043] 제2 표면 코팅과 관련하여, 제2 표면 코팅이 탄소 코팅으로서 형성되는 것이 바람직할 수 있다. 이와 관련하여, 탄소 코팅은 순수한 탄소 코팅일 수 있거나, 또는 그는 코팅 물질 내의 원소로서 탄소를 포함하는 코팅일 수 있

다.

- [0044] 제2 표면 코팅은 재료 및 이를 갖춘 애노드의 전기적 특성이 특히 효과적으로 실현되도록 허용한다.
- [0045] 실리콘-탄소 복합 재료의 추가적인 이점 및 기술적 특징과 관련하여, 그는 애노드, 방법, 및 전기화학적 에너지 저장 장치뿐만 아니라 차량에 대해 언급된다.
- [0046] 위에서 설명된 바와 같은 표면 코팅된 실리콘-탄소 복합 재료를 제조하는 방법이 추가로 설명되며, 여기에서 본 방법은,
- [0047] - 미세기공 및 메조기공을 갖는 다공성 탄소 스캐폴드를 제공하는 단계;
- [0048] - 실리콘, 및 추가로 선택적으로, 원소들 Fe, Al, Ni, W 및 Ti 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 화합물을, 특히 화학 증기 침투에 의해 다공성 탄소 스캐폴드의 미세기공 및 메조기공 내로 도입하여 실리콘-탄소 복합 재료를 형성하는 단계;
- [0049] - 탄소 나노와이어 및 실리콘 나노와이어로부터 선택된 나노와이어를, 특히 화학 증착에 의해 다공성 탄소 스캐폴드에 부착하는 단계 - 나노와이어는 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치되는 나노입자 상에서 성장되고, 나노입자는 Cu, Fe 및/또는 Ni로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함함 -; 및
- [0050] - 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역 상에 적어도 제1 표면 코팅을 적용하는 단계 - 제1 표면 코팅은 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함하고, 제1 표면 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역을 적어도 부분적으로 덮음 - 를 포함한다.
- [0051] 그러한 방법은 이전에 설명된 바와 같은 실리콘-탄소 복합 재료를 제조하는 데 적합하다.
- [0052] 본 방법은 적어도 하기의 단계들을 포함한다.
- [0053] 미세기공 및 메조기공을 갖는 다공성 탄소 스캐폴드가 제공된다. 미세기공 및 메조기공의 정의와 탄소 스캐폴드의 추가 실시예와 관련하여, 실리콘-탄소 복합 재료에 대한 위의 설명을 참조한다.
- [0054] 다공성 탄소 스캐폴드를 제공한 후, 실리콘, 및 추가로 선택적으로, 원소들 Fe, Al, Ni, W 및 Ti 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 화합물이 다공성 탄소 스캐폴드의 미세기공 및 메조기공 내로 도입된다. 기공 내로 도입되는 각각의 화합물과 관련하여, 실리콘-탄소 복합 재료에 대한 위의 설명을 참조한다.
- [0055] 다공성 탄소 스캐폴드의 미세기공 및 메조기공 내로 화합물을 도입하는 것은 CVI로도 알려진 화학 증기 침투 (chemical vapor infiltration)에 의해 수행되는 것이 바람직하다. 그러한 절차는 그 자체로 알려져 있으며, 본 출원에서 상당한 이점을 제공한다. 예를 들어, 침투는 매우 작은 기공, 즉 미세기공 또는 메조기공에서도 매우 정의된 방식으로 실현될 수 있다. 따라서, 침투된 생성물 및 그에 따른 실리콘-탄소 복합 재료도 정의된 특성을 가지며, 이는 결과적으로 매우 재현가능한 방식으로 전극을 생산하는 것을 허용한다.
- [0056] 설명된 바와 같은 방법은 탄소 나노와이어 및 실리콘 나노와이어로부터 선택된 나노와이어가 다공성 탄소 스캐폴드에 부착되는 단계를 추가로 포함한다. 이는, 예컨대 위에 기술된 바와 같은 화학 기상 증착(chemical vapor deposition)에 의해 실현될 수 있다.
- [0057] 특히, 나노와이어는 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치되는 나노입자 상에서 성장되며, 여기에서 나노입자는 Cu, Fe 및/또는 Ni로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함한다. 본 발명의 의미에서, 원소들 Cu, Fe 및 Ni를 포함하는 것은 나노입자가 순수한 금속 형태로 또는 합금 또는 산화물과 같은 화학 화합물 내의 원자 성분으로서 원소를 포함한다는 것을 의미할 것이다. 결과적으로, 나노와이어를 성장시키기 전에, 시드 입자로서 작용하는 나노입자가 실리콘 포함 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치된다.
- [0058] 나노입자와 관련하여, 위의 설명을 참조한다. 포함된 나노입자는 그가 원소들 Cu, Fe 및 Ni 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명의 의미에서, 원소들 Cu, Fe 및 Ni를 포함하는 것은 나노입자가 순수한 금속 형태로 또는 합금 또는 산화물과 같은 화학 화합물 내의 원자 성분으로서 원소를 포함한다는 것을 의미할 것이다. 특히 바람직하게는, 나노입자는 CuO 또는 Fe₂O₃를 포함한다.
- [0059] 바람직하게는, 나노와이어, 즉 실리콘 나노와이어 및/또는 탄소 나노와이어는 CuO 또는 Fe₂O₃와 같은 나노입자를 통해 다공성 탄소 스캐폴드에 부착된다. 실리콘 및 탄소 나노와이어는, (예컨대, SiH₄ 또는 C₂H₂를 사용하는 것에 의한) 화학 기상 증착 방법 및 구리 산화물의 촉매 거동을 사용하여 나노입자 상에서 그러한 Si 및 C 나노와

이어를 성장시킴으로써 합성될 수 있다. 이러한 방법은 매우 재현가능한 결과를 허용하여서, 생성된 구조체가 결과적으로 매우 재현가능한 특성을 나타내게 한다.

- [0060] 나노와이어를 탄소 스캐폴드에 부착한 후, 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역 상에 적어도 제1 표면 코팅을 적용하여, 표면 코팅된 실리콘-탄소 복합 재료를 형성하는 것을 포함하는 추가 단계가 제공되며, 이러한 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역을 적어도 부분적으로 덮는다.
- [0061] 적용되는 표면 코팅과 관련하여, 후자는 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함한다. 대체적으로, 제1 표면 코팅이 원소들 Al, Si, Zr 및 Nb 중 적어도 하나의 원소로부터의 금속 산화물을 포함하는 것이 바람직하다. 제1 표면 코팅이 알루미늄 산화물 또는 지르코늄 산화물 또는 탄소를 포함하는 것이 특히 바람직하다.
- [0062] 그는 실리콘-탄소 복합 재료의 표면의 적어도 50%를 덮을 수 있다. 예시적인 실시예에서, 제1 표면 코팅은 실리콘-탄소 복합 재료의 모든 표면 영역을 덮을 수 있다.
- [0063] 바람직하게는, 실리콘 및/또는 탄소 나노와이어를 갖는 실리콘-탄소 복합 재료의 표면 영역의 적어도 하나의 표면 코팅은 기체상 증착 방법을 통해 적용된다.
- [0064] 추가로, 실리콘-탄소 복합 재료가 금속 알콕사이드 또는 금속 아미드 또는 알킬 금속 화합물로 처리되어, 가공된 화합물 표면을 형성하는 것이 바람직하다. 그 후에, 이렇게 생성된 화합물 표면이 수분 또는 산소 또는 오존 중 적어도 하나로 처리되어 제1 표면 코팅의 적어도 하나의 층을 형성한다. 이 실시예는, 정의되고 예측가능한 특성을 갖는 표면 코팅을 제공하는 신뢰할 수 있는 방식을 보여준다.
- [0065] 앞서 설명된 가공과 관련하여, 실리콘-탄소 복합 재료를 금속 알콕사이드 또는 금속 아미드 또는 알킬 금속 화합물로 처리하여, 가공된 화합물 표면을 형성하는 것, 및 가공된 화합물 표면을 수분 또는 산소 또는 오존으로 후속하여 처리하는 것은 적어도 1회 반복되는 것이 특히 바람직하다. 이 실시예는 가공된 화합물 표면의 특히 안전하고 신뢰할 수 있는 처리를 허용하며, 이는 결과적으로 잘 정의된 표면 특성에 도달한다.
- [0066] 가공된 화합물을 수분 또는 산소 또는 오존으로 처리하는 것과 관련하여, 바람직하게는 150°C 내지 550°C의 범위 내의 온도가 적용된다.
- [0067] 특정 실시예에서 그리고 설명의 목적으로, CuO와 같은 나노입자 및 나노와이어와 함께 실리콘 포함 탄소 스캐폴드는 다른 반응 매질, 예컨대 알킬 금속 화합물에 대한 일례로서의 트리메틸알루미늄(TMA)과 반응되는 재료를 형성한다. 이는 이른바 원자 층 증착(ALD) 프로세스의 의미에서 실현될 수 있다. 따라서, TMA는 접근가능한 표면을 덮고, H₂O가 존재하는 상태에서 그리고 특히 250° C 초과의 온도에서 Al₂O₃로 분해된다.
- [0068] 앞서 설명된 방법의 추가적인 이점 및 기술적 특징과 관련하여, 그는 실리콘-탄소 복합 재료, 애노드, 추가적인 방법, 및 전기화학적 에너지 저장 장치뿐만 아니라 차량에 대해 언급된다.
- [0069] 위에서 설명된 바와 같은 실리콘-탄소 복합 재료를 포함하는, 전기화학적 에너지 저장 장치를 위한 애노드가 추가로 설명된다. 실리콘-탄소 복합 재료는 위에서 설명된 바와 같은 임의의 선택적인 특징을 갖고서 형성될 수 있다.
- [0070] 따라서, 애노드는 실리콘-탄소 복합 재료를 포함하며, 이는,
- [0071] - 미세기공 및 메조기공을 포함하고 총 기공 부피가 0.5 cm³/g 초과인 다공성 탄소 스캐폴드;
- [0072] - 실리콘-탄소 복합 재료에 대하여, 30 중량% 이상 내지 75 중량% 이하의 범위 내의 실리콘 함량;
- [0073] - 원소들 Cu, Fe 또는 Ni 중 적어도 하나의 원소를 포함하는 나노입자
- [0074] - 나노입자는 실리콘 포함 탄소 스캐폴드의 표면 상에 위치됨 -; 및
- [0075] - 실리콘 나노와이어 및 탄소 나노와이어로부터 선택되는 나노와이어를 포함하고, 여기에서
- [0076] 나노와이어는 나노입자 상에서 성장되고, 실리콘-탄소 복합 재료의 제1 표면 영역 상에 적어도 부분적으로 적용되는 제1 표면 코팅이 제공되고, 표면 코팅은 C, Al, Si, Ti, Zr 및 Nb로부터 선택되는 원소들 중 적어도 하나의 원소를 포함한다.
- [0077] 대체적으로, 애노드는, 애노드에 대하여, 45 중량% 이상 내지 90 중량% 이하의 양으로 실리콘-탄소 복합 재료를 포함할 수 있다. 대체적으로, 이러한 의미에서, 애노드는, 바람직하게는 금속 포일과 같은 전기 전도체에 부착

되는 결합체에 존재하는 모든 재료를 포함할 수 있다. 다시 말하면, 제공되는 양은 애노드 및 그에 따라 전도체 상에 존재하는 재료와 관련된다.

- [0078] 이러한 실리콘-탄소 복합 재료에 추가로, 애노드는 위에서 설명된 제1 실리콘-탄소 복합 재료와는 상이한 추가적인 실리콘-탄소 복합 재료를 포함할 수 있다.
- [0079] 애노드는 추가로 흑연을 포함할 수 있다. 흑연은 각각 리튬 배터리 또는 리튬 이온 배터리의 애노드 재료로 주지되어 있다. 일반적으로, 흑연은 우수한 애노드 재료이며, 리튬 이온 배터리에 대해 오랫동안, 비교적 낮은 비용, 풍부함, 높은 에너지 밀도, 전력 밀도, 및 매우 긴 사이클 수명의 그의 비교할 수 없는 균형으로부터 이익을 얻는 것으로 알려져 있다. 그러나, 종래 기술의 전기화학적 에너지 저장 장치에서, 흑연은 조성물에서의 양의 관점에서 지배적인 재료로서 주로 존재한다. 그러한 배열과는 대조적으로 그리고 본 발명에 따르면, 흑연은, 애노드에 대하여, 비교적 적은 양, 즉 5 중량% 이상 내지 47 중량% 이하의 양으로 애노드에 존재한다.
- [0080] 놀랍게도, 막대한 양의 흑연을 탄소 실리콘 복합 재료에 의해 교환하는 것이 순수 흑연 또는 막대한 양의 흑연에 비해 훨씬 개선된 특성을 허용하는 것으로 밝혀졌다.
- [0081] 추가로, 결합체가 설명된 바와 같이 애노드에 존재한다. 그 자체로 알려진 방식으로의 결합체는 결합 작용제 또는 결합 재료이다. 따라서, 결합체는 물질 - 예를 들어, 탄소 및 실리콘-탄소 복합 재료 - 의 개별 구성요소, 특히 입자를 함께 유지할 수 있는 재료를 지칭한다. 결합체는, 전형적으로, 입자가 대응하는 결합체로 합쳐질 때, 새로운 형태로 추가로 형상화될 수 있는 응집성 덩어리가 형성되도록 배열된다.
- [0082] 결합체는 애노드에 존재하는 바와 같은 모든 화합물, 예를 들어 특히, 제1 실리콘-탄소 복합체의 특히 다공성인 탄소 및 실리콘 함량, 흑연 및 나노와이어를 결합시키도록 구성될 수 있다. 추가 실시예에서, 결합체는 각각의 실리콘-탄소 복합체들 중 적어도 하나에 추가 재료를 결합시키도록 적응된다. 따라서, 결합체는, 대체적으로, 실리콘-탄소 복합 혼합물의 구성요소 및 선택적으로, 애노드로서 형성될 수 있는 전극의 추가 탄소 재료를 함께 유지하도록 배열된다.
- [0083] 애노드는 적어도 하나의 추가 결합체를 포함할 수 있다. 이는, 탄소가 전극의 전도도를 증가시키고, 그에 따라, 개선된 전도도를 제공한다는 이점을 가져온다. 적어도 하나의 추가 결합체는 기계적 안정성을 추가로 지원한다.
- [0084] 애노드는 적어도 2개의 결합체를 포함할 수 있으며, 여기에서 제1 결합체는 제1 실리콘-탄소 복합체의 특히 다공성인 탄소 및 실리콘-탄소 부분과 적어도 하나의 추가 실리콘-탄소 복합체의 특히 다공성인 탄소 및 실리콘 부분을 결합시키도록 배열되고, 적어도 하나의 추가 결합체는 제1 실리콘-탄소 복합체를 적어도 하나의 추가 실리콘-탄소 복합체에 결합시키도록 배열된다.
- [0085] 선택적으로, 실리콘-탄소 복합 재료는 제1 재료 구성요소와 적어도 하나의 추가 재료 구성요소를 함께 결합시키도록 적응되는 적어도 하나의 추가 결합체를 포함한다.
- [0086] 예를 들어, 결합체는 스티렌-부타디엔 고무/카르복시메틸셀룰로오스(SBR/CMC) 혼합물, 폴리아크릴산(PAA) 및/또는 리튬 폴리아크릴(LiPAA) 또는 나트륨 폴리아크릴(NaPAA)이다. 대안적인 실시예에서, 결합체는 불소중합체, 예를 들어 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 퍼플루오로알콕시 중합체 수지(PFA), 플루오르화 에틸렌 프로필렌(FEP), 폴리에틸렌 테트라플루오로에틸렌(ETFE), 폴리비닐 플루오라이드(PVF), 폴리에틸렌 클로로트리플루오로에틸렌(ECTFE), 폴리비닐리덴 플루오라이드(PCDF), 폴리클로로트리플루오로에틸렌(PCTFE), 트리플루오로에탄올, 또는 이들 재료들 중 적어도 하나와 적어도 하나의 다른 재료의 조합으로서 형성된다. 추가 실시예에서, 결합체는 폴리이미드 또는 폴리아크릴산과 스티렌-부타디엔의 공중합체이다. 그러나, 결합체가 스티렌-부타디엔 검/카르복시메틸셀룰로오스(CMC/SBR) 혼합물, 폴리아크릴산(PAA) 및/또는 리튬 폴리아크릴(LiPAA) 또는 나트륨 폴리아크릴(NaPAA)인 것이 특히 바람직하다.
- [0087] 대체적으로, 결합체는 유기 용액 또는 수성 용액에 또는 고체 결합체로서 사용될 수 있다.
- [0088] 특히 실리콘-탄소 복합 재료, 흑연, 모두 결합체에 존재하는, 각각의 코팅을 포함하는 나노입자에 연결된 나노와이어와 같은 미리설명된 재료는 금속 포일과 같은 금속 전도체 상에 제공되어 최종 애노드를 형성할 수 있다.
- [0089] 설명된 바와 같은 애노드는 전기화학적 에너지 저장 장치를 매우 짧은 시간 내에 매우 낮은 충전 상태에서부터 매우 높은 충전 상태로 충전하는 것을 허용하는 뛰어난 충전 시간의 이점을 나타낸다. 이는 시장에서의 수용성을 크게 개선한다. 특히, 차량에 사용되는 바와 같은 2차 전지를 고려할 때, 충전 시간은 전기 구동식 차량의 수용성을 개선할 수 있는 중요한 요소이다. 따라서, 특히 충전 시간을 개선하는 것은 자동차와 같은 차량을 위한 2차 전지의 중요한 특성이다. 그러나, 물론, 여기에서 설명된 바와 같은 애노드 및 결과적으로 전기화학적 에너

지 저장 장치는 차량에서의 사용으로 제한되지 않는다는 것에 유의하여야 한다.

- [0090] 상기 외에도 그리고 충전 시간에 추가로, 긴 수명, 높은 사이클링 안정성, 및 손상에 대한 저항성과 같은 애노드의 추가 특성은 저하되지 않는다.
- [0091] 실리콘-탄소 복합 혼합물은 실리콘-탄소 복합 혼합물이 범위가 0.09 g/cm^3 내지 1.5 g/cm^3 , 또는 1.1 g/cm^3 내지 1.3 g/cm^3 인 전극 밀도를 갖도록 구성될 수 있다. 이는, 입자가 서로 더 나은 접촉을 포함하고, 그에 따라, 생성된 전극의 전도도가 개선되는 이점을 제공한다.
- [0092] 특히, 실리콘-탄소 복합 혼합물은 높은 전기 전도도를 갖는다. 이는, 전극의 저항이 감소되어, 그에 따라, Li 이온과 실리콘-탄소 복합 혼합물의 더 빠른 반응을 허용하는 이점을 제공한다. 따라서, 리튬 이온 전지의 충전 속도가 증가될 수 있다.
- [0093] 앞서 설명된 애노드의 추가적인 이점 및 기술적 특징과 관련하여, 그는 실리콘-탄소 복합 재료, 방법, 및 전기 화학적 에너지 저장 장치뿐만 아니라 차량에 대해 언급된다.
- [0094] 이전에 설명된 바와 같은 애노드를 제조하는 방법이 추가로 설명되며, 여기에서 본 방법은,
- [0095] - 위에서 설명된 바와 같은 실리콘-탄소 복합 재료를 적어도 하나의 탄소와 혼합하는 단계,
- [0096] - 실리콘-탄소 복합 재료와 적어도 하나의 탄소의 혼합물을 적어도 하나의 결합제와 결합하여 전극 페이스트를 형성하는 단계,
- [0097] - 전극 페이스트를 전도체 포일과 같은 전기 전도체의 적어도 하나의 표면 상에 적어도 부분적으로 적용하는 단계, 및
- [0098] - 애노드를 형성하기 위해, 특히 100°C 이상 내지 140°C 이하의 온도에서, 전극 페이스트가 적용된 전도체 포일을 건조시키는 단계를 포함한다.
- [0099] 따라서, 본 방법은, 먼저 전극 페이스트가 형성되고, 이어서 전극 페이스트가 금속 포일과 같은 전기 전도체에 적용되는 프로세스를 설명한다.
- [0100] 애노드를 형성하기 위해, 실리콘 나노와이어 및 탄소 나노와이어로부터 선택된 나노와이어로 장식된 실리콘 포함 탄소 스캐폴드를 갖는 실리콘-탄소 복합 재료가 추가 탄소 및 그에 따라 순수 탄소 또는 원자 탄소를 포함하는 화합물과 혼합된다. 추가 탄소는, 특히, 전기 전도성 탄소이며, 형성된 애노드의 전기 전도도를 향상시키기 위해 존재할 수 있다. 흑연은 탄소에 대한 일례일 수 있다. 균질한 혼합물이 형성되는 것이 특히 바람직하다. 이 단계는, 대체적으로, 각각의 구성요소를 조합하고 그들을 종래의 혼합 장치에서 혼합함으로써 실현될 수 있다. 실리콘-탄소 복합 재료 및 나노와이어와 관련하여, 위의 설명을 참조한다.
- [0101] 이어서, 이렇게 형성된 혼합물은 적어도 하나의 결합제와 결합되어 전극 페이스트를 형성한다. 결합제는, 대체적으로, 당업계에 알려진 바와 같이 선택될 수 있으며, 위에서 설명된 바와 같을 수 있다. 결합제는 수용액, 즉 물을 포함하는 용액으로서 및/또는 비수성 결합제 용액, 즉 특히 유기 용매를 포함하는 용액으로서 존재할 수 있다. 대안적으로, 고체 결합제가 사용될 수 있다. 따라서, 이 단계는 전극 페이스트를 형성하는 역할을 한다. 전극 페이스트는 고체 결합제가 사용되는 경우 고체일 수 있거나, 결합제 용액이 사용되는 경우 페이스트형 덩어리일 수 있다.
- [0102] 이어서, 전극 페이스트는 전도체 포일과 같은 전기 전도체의 적어도 하나의 표면 상에 적어도 부분적으로 적용된다. 애노드의 경우, 특히 구리 포일이 사용될 수 있다. 이 단계는, 예컨대 결합제 용액이 사용된 경우 닥터 블레이딩(doctor blading)에 의해, 또는 예컨대 고체 결합제가 사용된 경우 캘린더링(calendering)에 의해 실현될 수 있다.
- [0103] 특히, 결합제 용액이 사용되었지만 이에 제한되지 않는 경우, 적용된 전극 페이스트가 건조되어 제조 절차를 마무리할 수 있다. 대체적으로, 건조는 100°C 이상 내지 140°C 이하의 범위 내의 온도에서 실현될 수 있다.
- [0104] 앞서 설명된 방법의 추가적인 이점 및 기술적 특징과 관련하여, 그는 실리콘-탄소 복합 재료, 애노드, 추가적인 방법, 및 전기화학적 에너지 저장 장치뿐만 아니라 차량에 대해 언급된다.
- [0105] 전기화학적 에너지 저장 장치가 추가로 설명되며, 이는,
- [0106] 위에서 설명된 바와 같은 적어도 하나의 애노드;

- [0107] 적어도 하나의 캐소드;
- [0108] 캐소드와 애노드 사이에 배치되는 세퍼레이터(separator); 및
- [0109] 리튬 이온을 포함하는 전해질을 포함한다.
- [0110] 전기화학적 에너지 저장 장치의 대체적인 배열은 당업계에 주지된 바와 같이 선택될 수 있다. 특히, 전기화학적 에너지 저장 장치는 리튬 이온 배터리로서 형성될 수 있다. 그러나, 그러한 장치의 중요한 특성은 그가 위에서 더 상세히 설명된 바와 같은 애노드를 포함한다는 것이다.
- [0111] 애노드에 추가로, 전기화학적 에너지 저장 장치, 또는 후자의 전기화학 전지는 캐소드를 포함한다. 캐소드는, 대체적으로, 리튬 배터리에 대해 당업계에 알려진 바와 같이 형성될 수 있다.
- [0112] 대체적으로, 캐소드는 전이 금속 산화물을 포함할 수 있다. 더 상세하게는, 캐소드는 일반식 $Li_{1+x}TM_{1-x}O_2$ 를 갖는 층상 전이 금속 산화물 재료의 단결정(SC) 형태, 다결정 형태(PC) 또는 단결정(SC)과 다결정(PC) 형태의 혼합물을 포함할 수 있으며, 이때 TM은 Ni, Co, Mn, Al, Zr, Ti, Nb, W이다. 이들 금속의 양은 바람직하게는 다음과 같다: Ni = 0.7 내지 0.95이고, Co = 0.01 내지 0.15이고, Mn = 0.01 내지 0.1이고, Al = 0 내지 0.03이고, Zr = 0 내지 0.01이고, Nb, Ti, W = 0 내지 0.02이며, 여기에서 x는 0과 0.05 사이의 임의의 값일 수 있다. 추가로, 단결정(SC)과 다결정(PC) 형태의 혼합물이 존재하는 경우, 혼합 비율은 20 내지 35 중량%의 SC 및 65 내지 80%의 PC일 수 있다.
- [0113] 특히, 캐소드는 리튬 니켈 망간 코발트 산화물을 포함하며, 여기에서 리튬 니켈 망간 코발트 산화물은 다결정 형태와 단결정 형태의 혼합물로 존재한다. 이 실시예에 따르면, 전기화학적 에너지 저장 장치의 전기화학적 특성은, 특히 사이클링 거동과 관련하여 그리고 특히 충전 시간과 관련하여 훨씬 더 개선될 수 있다.
- [0114] 세퍼레이터(분리막, separator)와 관련하여, 후자는, 대체적으로, 종래 기술에서 알려진 바와 같이 형성될 수 있다. 바람직하게는, 세퍼레이터는 3중층 중합체(polymer)를 포함할 수 있다. 그러한 중합체는, 예를 들어, Al_2O_3 , $BaTiO_3$ 와 같은 무기 코팅을 포함할 수 있다.
- [0115] 추가로, 세퍼레이터가 애노드에 라미네이팅되는 것이 바람직할 수 있다. 이는, 세퍼레이터가 이미 애노드 전극 상에 고정되어 있기 때문에, 전극의 적층을 개선하는 이점을 허용한다.
- [0116] 전해질은, 플루오로에틸렌 카보네이트, 프로필렌 카보네이트, 에틸렌 카보네이트, 리튬 헥사플루오로포스페이트, 및 리튬 비스(플루오로설포닐)이미드로 이루어진 군으로부터 선택되는 적어도 하나의 화합물을 포함할 수 있다. 그러한 전해질은 리튬 배터리에 사용될 때 우수한 특성을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 일반적으로, 전해질은 $LiPF_6$ 와 $LiFSi$ 의 혼합물을 포함할 수 있으며, 여기에서 전해질은 플루오로에틸렌카보네이트(FEC) 기반일 수 있다. 그는, 예시적으로, 각각 전해질에 대하여, 1 내지 10 중량%의 FEC, 0 내지 20 중량%의 에틸렌 카보네이트(EC), 0 내지 30 중량%의 프로필렌 카보네이트(PC), 및 선택적인 추가 첨가제를 포함할 수 있다.
- [0117] 설명된 바와 같은 애노드를 포함하는, 위에서 설명된 바와 같은 전기화학적 에너지 저장 장치는 전기화학적 에너지 저장 장치를 매우 짧은 시간 내에 매우 낮은 충전 상태에서부터 매우 높은 충전 상태로 충전하는 것을 허용하는 뛰어난 충전 시간의 이점을 나타낸다. 이는 시장에서의 수용성을 크게 개선한다.
- [0118] 특히, 차량에 사용되는 바와 같은 2차 전지를 고려할 때, 충전 시간은 전기 구동식 차량의 수용성을 개선할 수 있는 중요한 요소이다.
- [0119] 상기 외에도 그리고 충전 시간에 추가로, 긴 수명, 높은 사이클링 안정성, 및 손상에 대한 저항성과 같은 애노드의 추가 특성은 저하되지 않는다.
- [0120] 앞서 설명된 전기화학적 에너지 저장 장치의 추가적인 이점 및 기술적 특징과 관련하여, 그는 실리콘-탄소 복합 재료, 애노드, 방법, 및 차량에 대해 언급된다.
- [0121] 전기 엔진 및 전기 엔진에 전기 에너지를 공급하기 위한 전기화학적 에너지 저장 장치를 포함하는 전기 구동식 차량으로서, 전기화학적 에너지 저장 장치는 이전에 설명된 바와 같이 형성되는 것을 특징으로 하는, 전기 구동식 차량이 추가로 설명된다.
- [0122] 차량은, 대체적으로, 전기 구동식인 임의의 차량일 수 있다. 특히, 전기 구동식 차량은 완전 전기 구동식 차량 또는 이른바 하이브리드 차량일 수 있다. 그러나, 전기 구동식 차량은 자동차, 버스 또는 트럭과 같은, 완전 전

기 구동식 육상 차량인 것이 바람직할 수 있다.

- [0123] 그러한 차량은 전기 엔진, 및 전기 엔진에 전기 에너지를 공급하기 위한 전기화학적 에너지 저장 장치를 포함한다.
- [0124] 전기 엔진은, 대체적으로, 당업계에 알려진 바와 같이 배열될 수 있으며, 예를 들어, 전기 구동식 엔진은 전기 모터로서의 영구 동기식 기계 또는 전기 모터로서의 비동기식 기계일 수 있다. 물론, 둘 모두의 엔진이 존재할 수 있고, 전기화학적 에너지 저장 장치로부터 전기 에너지를 공급받을 수 있다. 후자는 위에서 정의된 바와 같이 설계된다.
- [0125] 설명된 바와 같은 애노드 및 그에 따른 각각의 전기화학적 에너지 저장 장치는 전기화학적 에너지 저장 장치를 매우 짧은 시간 내에 매우 낮은 충전 상태에서부터 매우 높은 충전 상태로 충전하는 것을 허용하는 뛰어난 충전 시간의 이점을 나타낸다. 이는 시장에서의 수용성을 크게 개선한다.
- [0126] 특히, 차량에 사용되는 바와 같은 2차 전지를 고려할 때, 충전 시간은 전기 구동식 차량의 수용성을 개선할 수 있는 중요한 요소이다. 따라서, 특히 충전 시간을 개선하는 것은 차량을 위한 2차 전지의 중요한 특성이다. 그러나, 물론, 여기에서 설명된 바와 같은 애노드 및 결과적으로 전기화학적 에너지 저장 장치는 차량에서의 사용으로 제한되지 않는다는 것에 유의하여야 한다.
- [0127] 상기 외에도 그리고 충전 시간에 추가로, 긴 수명, 높은 사이클링 안정성, 및 손상에 대한 저항성과 같은 애노드의 추가 특성은 저하되지 않는다.
- [0128] 앞서 설명된 차량의 추가적인 이점 및 기술적 특징과 관련하여, 그는 실리콘-탄소 복합 재료, 애노드, 방법, 및 전기화학적 에너지 저장 장치에 대해 언급된다.
- [0129] 하기에, 본 발명은 첨부 도면 및 첨부 예를 참조하여 바람직한 실시예에 의해 예로서 설명되며, 여기에서 아래에 도시된 특징부들은 각각 개별적으로 또는 조합하여 본 발명의 태양을 구성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0130] 도 1은 실리콘-탄소 복합 재료를 포함하는 제조된 애노드를 갖는 예시적인 전기화학적 저장 장치를 도시한다. 도 2는 실리콘-탄소 복합 재료를 포함하는 애노드를 갖는 추가 실시예에 따른 예시적인 전기화학적 저장 장치를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0131] 도면에서, 동일한 도면 부호는 유사한 요소를 식별한다. 도면의 요소의 크기 및 상대 위치는 반드시 축척에 맞게 도시되지는 않으며, 이들 요소들 중 일부는 도면 가독성을 개선하기 위해 확대되어 위치된다. 추가로, 도시된 바와 같은 요소의 특정 형상은 특정 요소의 실제 형상에 관한 임의의 정보를 전달하도록 의도되지 않고, 단지 도면에서의 인식의 용이성을 위해 선택되었다.
- [0132] 도 1은 실리콘-탄소 복합 재료(10)를 포함하는, 애노드 전극으로도 불리우는 애노드(110)를 갖는 예시적인 전기화학적 저장 장치(100)의 단면도를 도시한다.
- [0133] 전기화학적 저장 장치(100)는 리튬 이온 배터리 셀로서 형성된다. 전기화학적 저장 장치(100)는 적어도 하나의 애노드(110), 적어도 하나의 캐소드(120), 및 캐소드(120)와 애노드(110) 사이에 배치되는 세퍼레이터(130)를 포함한다. 캐소드(120)는 바람직하게는 전이 금속 산화물을 포함한다.
- [0134] 게다가, 리튬 이온을 포함하는 전해질(140)이 전기화학적 저장 장치(100)의 셀 하우징(150) 내에 제공된다. 전기화학적 저장 장치(100)는 파우치 형태의 리튬 이온 배터리 셀로서 형성될 수 있다. 따라서, 셀 하우징(150)은 알루미늄 백으로서 형성될 수 있다. 애노드(110), 캐소드(120) 및 세퍼레이터(130)도 또한 셀 하우징(150) 내에 배열된다.
- [0135] 도 1은 단순화된 단면도를 도시한다는 것에 유의한다. 애노드(110), 캐소드(120) 및 세퍼레이터(130)는, 통상적으로, 패키징을 최적화하고 전해질(140)의 가능한 표면적을 증가시키기 위해 감기거나 접히는 다수의 층으로서 형성된다. 도시된 예에서는, 예시 목적으로 구성요소의 하나의 층만을 볼 수 있다.
- [0136] 애노드(110)는 양쪽 측부 상에서 실리콘-탄소 복합 재료(10)로 코팅된다. 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면 코팅(11)은 애노드(110)의 집전체(current collector)(111)와 접촉하지 않는 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면

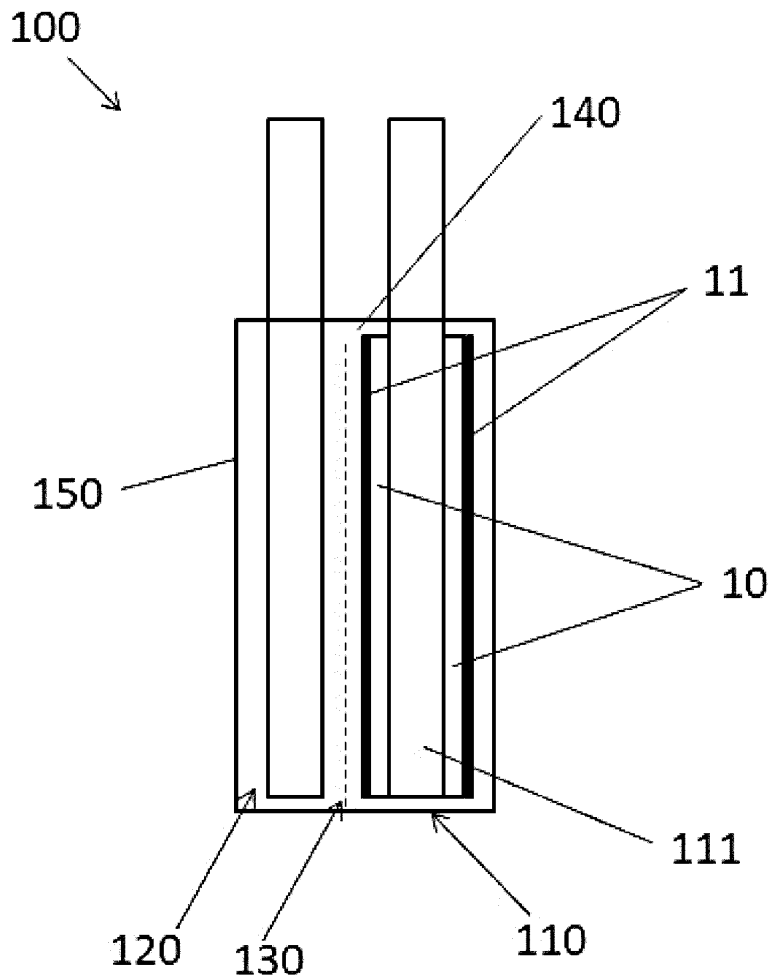
영역에 대해 수행된다.

[0137] 실리콘-탄소 재료(10)를 갖는 애노드(110)를 이용함으로써, 특히 충전 시간과 관련하여, 전기적 특성이 크게 향상된다.

[0138] 도 2에는, 추가의 예시적인 전기화학적 저장 장치(100)가 도시되어 있다. 전기화학적 저장 장치(100)는 실리콘-탄소 복합 재료(10)를 갖는 애노드(110)를 포함한다. 도 1에 도시된 실시예와는 대조적으로, 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면 코팅(11)은 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면 영역 상에 부분적으로 적용되어서, 실리콘-탄소 복합 재료(10)의 표면 영역의 일부가 표면 코팅(11) 없이 유지되게 한다.

도면

도면1



도면2

