(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2025-512514
(P2025-512514A)
(43)公表日　令和7年4月17日(2025.4.17)

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
C01B	*32/05 (2017.01)*	C01B	32/05		4G146
H01M	*4/38 (2006.01)*	H01M	4/38	Z	5H050
H01M	*4/36 (2006.01)*	H01M	4/36	A	
H01M	*4/134(2010.01)*	H01M	4/134		
H01M	*4/1395(2010.01)*	H01M	4/1395		

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全22頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2024-560787(P2024-560787)
(86)(22)出願日　令和5年4月14日(2023.4.14)
(85)翻訳文提出日　令和6年11月20日(2024.11.20)
(86)国際出願番号　PCT/EP2023/059785
(87)国際公開番号　WO2023/198888
(87)国際公開日　令和5年10月19日(2023.10.19)
(31)優先権主張番号　22168582.9
(32)優先日　令和4年4月14日(2022.4.14)
(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)
(81)指定国・地域　AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV
最終頁に続く

(71)出願人　524187601
セルフォース・グループ・ゲゼルシャフト・ミット・ベシュレンクテル・ハフツング
Ｃｅｌｌｆｏｒｃｅ Ｇｒｏｕｐ GmbH
ドイツ連邦共和国 ７２１３８ キルヒェンテリン スフルト，マデンシュトラーセ６
(74)代理人　110003317
弁理士法人山口・竹本知的財産事務所
(74)代理人　100075166
弁理士　山口 巖
(74)代理人　100133167
弁理士　山本 浩
(74)代理人　100169627
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ケイ素－炭素複合材料およびそれを含むアノード

(57)【要約】
ケイ素－炭素複合材料およびそれを含むアノード。本発明は、
ミクロ孔およびメソ孔を含み、全細孔容積が０．５ｃｍ^3／ｇを超える、多孔質炭素足場；
ケイ素－炭素複合材料（１０）に関して３０重量%以上７５重量%以下の範囲の含有量のケイ素；
元素Ｃｕ、ＦｅまたはＮｉのうちの少なくとも１つを含むナノ粒子であって、当該ナノ粒子は、前記ケイ素を含有する炭素足場の表面上に配置されている、ナノ粒子；および
シリコンナノワイヤおよびカーボンナノワイヤから選択されるナノワイヤ；
を含み、
前記ナノワイヤは、前記ナノ粒子上に成長し、
当該ケイ素－炭素複合材料（１０）の第１の表面領域上に少なくとも部分的に施用される第１の表面被膜が提供され、
前記表面被膜は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される元素のうちの少なくとも１つを含む

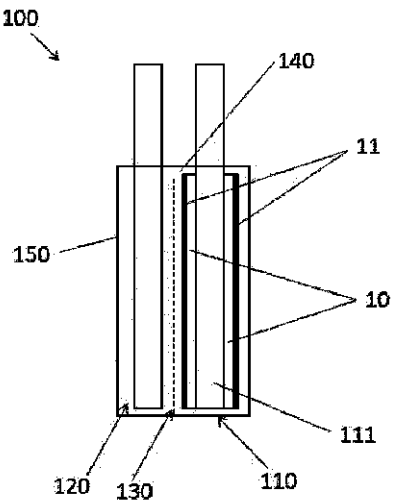


Fig. 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
ケイ素－炭素複合材料（１０）であって：
ミクロ孔およびメソ孔を含み、全細孔容積が０．５ｃｍ^3／ｇを超える、多孔質炭素足場；
ケイ素－炭素複合材料（１０）に関して３０重量％以上７５重量％以下の範囲の含有量のケイ素；
元素Ｃｕ、ＦｅまたはＮｉのうちの少なくとも１つを含むナノ粒子であって、当該ナノ粒子は、前記ケイ素を含有する炭素足場の表面上に配置されている、ナノ粒子；および
シリコンナノワイヤおよびカーボンナノワイヤから選択されるナノワイヤ；
を含み、
前記ナノワイヤは、前記ナノ粒子上に成長し、
当該ケイ素－炭素複合材料（１０）の第１の表面領域上に少なくとも部分的に施用される第１の表面被膜が提供され、
前記表面被膜は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される元素のうちの少なくとも１つを含む、
ケイ素－炭素複合材料（１０）。
【請求項２】
前記第１の表面被膜は、層として形成され、
前記第１の表面被膜からなる前記層は、０ｎｍ超過０．３ｎｍ以上の厚さを有し、非晶質炭素、または少なくとも１つ以上の元素Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂ、または前述の元素の組合せからの金属酸化物を含む、
請求項１に記載のケイ素－炭素複合材料（１０）。
【請求項３】
前記第１の表面被膜は、当該ケイ素－炭素複合材料（１０）の表面領域の少なくとも５０％を覆っている、
請求項１または２に記載のケイ素－炭素複合材料（１０）。
【請求項４】
当該ケイ素－炭素複合材料（１０）の表面領域は、前記第１の表面被膜によって少なくとも部分的に覆われ、さらに第２の表面被膜によって少なくとも部分的に覆われており、
前記第２の表面被膜は、前記第１の表面被膜の上に、前記第１の表面被膜の横に、または、前記第１の表面被膜の上かつ前記第１の表面被膜の横に、少なくとも部分的に施用されている、
請求項１～３のいずれかに記載のケイ素－炭素複合材料（１０）。
【請求項５】
前記第２の表面被膜は、炭素被膜として形成されている、
請求項４に記載のケイ素－炭素複合材料（１０）。
【請求項６】
前記ナノ粒子は、Ｃｕ、ＦｅおよびＮｉからの１つ以上の元素の金属酸化物を含む、
請求項１～５のいずれかに記載のケイ素－炭素複合材料（１０）。
【請求項７】
単結晶ケイ素および多結晶ケイ素、またはそれらの組み合わせを含むシリコンナノワイヤが提供されている、
請求項１～６のいずれかに記載のケイ素－炭素複合材料（１０）。
【請求項８】
請求項１～７のいずれかに記載のケイ素－炭素複合材料（１０）を製造する方法であって：
ミクロ孔およびメソ孔を有する多孔質炭素足場を提供すること；
ケイ素を含み、さらに任意選択で、Ｆｅ、Ａｌ、Ｎｉ、ＷおよびＴｉのうちの少なくとも１つを含む、化合物を、特に化学気相含浸法によって、前記多孔質炭素足場の前記ミク

口孔およびメソ孔に導入して、ケイ素－炭素複合材料を形成すること；
　カーボンナノワイヤおよびシリコンナノワイヤから選択されるナノワイヤを、特に化学気相堆積法によって多孔質炭素足場に付着させること、ここで、前記ナノワイヤは、前記炭素足場の前記表面上に配置されているナノ粒子上に成長されており、前記ナノ粒子は、Ｃｕ、Ｆｅおよび／またはＮｉから選択される少なくとも１つの元素を含む；
　前記ケイ素－炭素複合材料（１０）の表面領域上に少なくとも第１の表面被膜を施用すること、ここで、前記第１の表面被膜は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される少なくとも１つの元素を含み、前記第１の表面被膜は、前記ケイ素－炭素複合材料の前記表面領域を少なくとも部分的に被覆する；
ことを含む、方法。
【請求項９】
　前記少なくとも１つの表面被膜は、気相堆積法を介して施用される、
請求項８に記載の方法。
【請求項１０】
　前記第１の表面被膜は、元素Ａｌ、Ｓｉ、ＺｒおよびＮｂの少なくとも１つからの金属酸化物を含む、
請求項８または９のいずれかに記載の方法。
【請求項１１】
　前記ケイ素－炭素複合材料（１０）は、金属アルコキシドまたは金属アミドまたはアルキル金属化合物で処理されて処理化合物表面を形成し、
　前記処理化合物表面は、水分または酸素またはオゾンで処理されて前記第１の表面被膜を形成する、
請求項８～１０のいずれかに記載の方法。
【請求項１２】
　前記ケイ素－炭素複合材料（１０）を金属アルコキシドまたは金属アミドまたはアルキル金属化合物で処理して処理化合物表面を形成する処理、および、前記処理化合物表面を水分または酸素またはオゾンで処理する続きの処理、を少なくとも１回繰り返す、
請求項１１に記載の方法。
【請求項１３】
　水分または酸素またはオゾンによる前記処理化合物表面の処理において、１５０℃～５５０℃の範囲の温度が適用される、
請求項１１または１２に記載の方法。
【請求項１４】
　請求項１～７のいずれかに記載のケイ素－炭素複合材料（１０）を含む、
電気化学エネルギー蓄電装置（１００）用のアノード（１１０）。
【請求項１５】
　請求項１４に記載のアノード（１１０）の製造方法であって、以下の工程：
　請求項１～７のいずれかに記載のケイ素－炭素複合材料（１０）を少なくとも１種の炭素と混合すること、
　電極ペーストを形成するために、前記ケイ素－炭素複合材料（１０）と少なくとも１種の炭素との前記混合物を、少なくとも１種のバインダと組み合わせること、
　前記電極ペーストを、導電体箔などの導電体の少なくとも１つの表面上に少なくとも部分的に施用すること、
　前記電極ペーストを備える前記導電体を、特に１００℃以上１４０℃以下の温度で乾燥させて、アノード（１１０）を形成すること、
を含む、方法。
【請求項１６】
　前記バインダは、水系バインダ溶液中または非水系バインダ溶液中で使用され、ペースト状の電極ペーストが形成される、
請求項１５に記載の方法。

【請求項１７】
固体バインダが使用され、固体電極ペーストが形成される、
請求項１５に記載の方法。
【請求項１８】
前記固体電極ペーストが、カレンダー法によって導電体の少なくとも１つの表面上に少なくとも部分的に施用される、請求項１７に記載の方法。
【請求項１９】
特にリチウムイオン電池として形成された電気化学蓄電装置（１００）であって：
請求項１４に記載の少なくとも１つのアノード（１１０）；
少なくとも１つのカソード（１２０）；
前記カソード（１２０）と前記アノード（１１０）との間に配置されたセパレータ（１３０）；および
リチウムイオンを含む電解質（１４０）、
を含む、電気化学蓄電装置（１００）。
【請求項２０】
電気エンジンと、前記電気エンジンに電気エネルギーを供給するための電気化学エネルギー蓄電装置（１００）と、を備え、
前記電気化学エネルギー蓄電装置（１００）は、請求項１９の記載に従って形成されている、
ことを特徴とする電気駆動車両。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、特に電気化学エネルギー蓄電装置用のアノードに使用される場合に改善された特性を示す、ケイ素－炭素複合材料に関する。本発明はさらに、電気化学エネルギー蓄電装置用のアノード、およびこのようなアノードを含む電気化学エネルギー蓄電装置、に関する。
【背景技術】
【０００２】
電気化学エネルギー蓄電装置は、当技術分野において広く知られている。特に、車両の電動化が進んでいることから、電気化学エネルギー蓄電装置の重要性がますます高まっている。この観点から、特に充電特性は、市場においてより良好に受け入れられるようになるために、より重要になる。
【０００３】
さらに、ケイ素－炭素混合物であって、ミクロ孔、メソ孔、および／またはマクロ孔からなる細孔容積を含む炭素材料から製造することができるケイ素－炭素混合物が知られている。このような炭素混合物は、ケイ素－炭素複合材料を作製するための、足場としての役割を果たすことができる。そして多孔質炭素材料の細孔容積をケイ素で含浸させることは、ケイ素をナノサイズで提供することによって実現することができる。ケイ素は、例えば一般に、グラファイトよりも著しく高いエネルギー密度を有する。ケイ素のエネルギー密度は、例えば、グラファイトのエネルギー密度を１０倍上回る。
【０００４】
このような含浸された炭素材料は、依然として存在する多孔質表面がさらに低減されるように、含浸に加えて被覆されてもよい。可能な被膜は、例えば、ポリマー、特に導電性ポリマー、炭素、または金属酸化物から構成することができる。
【０００５】
さらに、ケイ素を含浸させた炭素材料は、他の材料と組み合わせて材料組成物として使用することができる。公知の材料組成物は、バインダおよび／または炭素粒子を含む。このような材料組成物は、典型的には、電気化学セル、特に電極材料、特にアノード材料としてリチウムイオン電池セルに利用される。

【０００６】
例えば、米国特許出願公開第２０１７／０１７０４７７号（特許文献１）は、多孔質炭素足場とケイ素とを含む複合体を開示しており、この複合体は、１５～８５重量％のケイ素と、０．０５ｃｍ^3／ｇ～０．５ｃｍ^3／ｇの範囲の窒素アクセス不可の容積と、を含み、この複合体は、ヘリウムピクノメーター法によって測定される１．５ｇ／ｃｍ^3～２．２ｇ／ｃｍ^{3}の範囲の粒子足場密度を有する複数の粒子を含む。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００７】
【特許文献１】米国特許出願公開第２０１７／０１７０４７７号
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００８】
電気化学エネルギー蓄電装置、特にＬｉイオン電池、の重要性が急速に増大するために、このようなデバイスの形成の分野におけるさらなる開発および改善が、継続的に必要とされている。
【０００９】
上記に基づいて、本発明の目的は、従来技術の少なくとも１つの欠点を、少なくとも部分的に克服することである。本発明の目的は、特に、電気化学エネルギー蓄電装置において、改善された充電特性を提供する手段を提供することである。さらに、本発明の目的は、良好なサイクル安定性を示し、長寿命な電気化学エネルギー蓄電装置における手段を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【００１０】
これらの目的は、請求項１に記載のケイ素－炭素複合材料によって、少なくとも部分的に解決される。
【００１１】
請求項１に記載の表面被膜ケイ素－炭素複合材料のこの製造方法は、請求項１４に記載のアノード、請求項１５に記載のアノードの製造方法、請求項１９に記載の電気化学蓄電装置、および請求項２０に記載の電気駆動車両に関連する。本発明の好ましい実施形態は、従属請求項および以下の説明に記載されており、これらの各々は、明示的に除外されない限り、個々にまたは組み合わせて本発明の態様を表すことができる。ある特徴が他の特徴と組み合わせて示されている場合、これは、本発明の簡略化された説明のためのものにすぎず、決して、この特徴が他の特徴なしに本発明のさらなる特徴になり得ないことを意味するものではない。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
開示されるケイ素－炭素複合材料は、
ミクロ孔およびメソ孔を含み、全細孔容積が０．５ｃｍ^3／ｇを超える、多孔質炭素足場と、
当該ケイ素－炭素複合材料の３０ｗｔ％以上から７５ｗｔ％以下（≧３０ｗｔ％から≦７５ｗｔ％。以下では、「≧」は「以上」、「≦」は「以下」として示す場合がある。）の範囲のケイ素含有物と、
Ｃｕ、Ｆｅ、またはＮｉのうちの少なくとも１つの元素を含むナノ粒子、ここで、当該ナノ粒子は、前記ケイ素含有の炭素足場の表面上に配置されている、ナノ粒子と、
シリコンナノワイヤおよびカーボンナノワイヤから選択されるナノワイヤと、
を含み、
ナノワイヤは、上記ナノ粒子上に成長されており、
当該ケイ素－炭素複合材料の第１の表面領域（surface area、表面積の意味を包含する用語である。）上に少なくとも部分的に施用される第１の表面被膜が提供されており、

この表面被膜は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される少なくとも１つの元素を含む。

【００１３】

このようなケイ素－炭素複合材料は、従来技術からは知られておらず、特に電気化学エネルギー蓄電装置のアノードに使用される場合、従来技術の解決策を上回る著しい利点を示す。

【００１４】

開示される複合材料は、ケイ素－炭素複合材料であり、したがって、少なくともケイ素および炭素元素を含み、ケイ素は、炭素足場の細孔内に提供される。

【００１５】

炭素という用語は、炭素からなる材料または物質、または、少なくとも炭素を含む材料または物質を指す。この点に関して、炭素材料は、高純度材料、非晶質材料、および結晶質材料を含むことができる。炭素は、活性炭、熱分解乾燥ポリマーゲル、熱分解ポリマークライオゲル、熱分解ポリマーキセロゲル、熱分解ポリマーエアロゲル、活性化乾燥ポリマーゲル、活性化ポリマークライオゲル、活性化ポリマーキセロゲル、活性化ポリマーエアロゲル、またはそれらの組み合わせであり得る。さらなる実施形態において、炭素は、ココナツ殻または他の有機廃棄物の熱分解によって製造することができる。この点に関して、ポリマーは、２つ以上の繰り返し構造単位を含む分子である。多孔質炭素は、通常、製造が容易であり、通常、不純物が少なく、細孔容積が大きいという利点を提供する。その結果、多孔質炭素は、良好な電気伝導性および高い機械的および化学的安定性を示す。一実施形態では、炭素材料は、以下でより詳細に説明するように、高いミクロ孔容積比を有する。

【００１６】

さらなる一実施形態では、炭素は、硬質炭素材料、黒鉛状炭素、または酸化物含有化合物である。酸化物含有化合物は、例えば、酸化ケイ素（SiO_2）である。あるいは、酸化物含有化合物は、酸化チタン（TiO_2）、酸化スズ（SnO_2）、または他の酸化物である。硬質炭素材料は、非黒鉛化性の炭素材料である。硬質炭素は、高温（典型的には１５００℃超）で非晶質のままであるという利点があるが、「軟質」炭素は結晶化してグラファイト（黒鉛）になる。

【００１７】

一実施形態では、炭素は、改質された硬質炭素であってもよい。改質硬質炭素は、炭素、特に硬質炭素と、リチウム合金材料と、の両方を含む複合材料である。リチウム合金材は、ケイ素、スズ、ゲルマニウム、ニッケル、アルミニウム、マンガン、アルミナ（Al_2O_3）、チタン、酸化チタン、硫黄、モリブデン、ヒ素、ガリウム、リン、セレン、アンチモン、ビスマス、テルルもしくはインジウム、または、リチウムを吸蔵することができる任意の他の金属もしくは半金属であってもよい。

【００１８】

ケイ素部分は、純粋なケイ素またはケイ素を含む材料組成物であってもよい。例えば、ケイ素部分は、少なくとも１つの合金であってよい。合金は、ケイ素－チタン合金（Ｓｉ－Ｔｉ）、ケイ素鉄合金（Ｓｉ－Ｆｅ）、ケイ素ニッケル合金（Ｓｉ－Ｎｉ）であってもよい。さらなる実施形態において、ケイ素部分は、Ｐドーパント、Ａｓドーパント、またはＮドーパントから構成されてもよい。Ｐドーパントは、通常、リンドーパントであり、Ａｓドーパントは、通常、ヒ素ドーパントであり、Ｎドーパントは、通常、窒素ドーパントである。

【００１９】

一般に、ケイ素は、例えばグラファイトよりもエネルギー密度が著しく高いので、ケイ素炭素複合材料中、特にその細孔中、にケイ素が存在すると有利であり得る。例えば、ケイ素のエネルギー密度は、グラファイトのエネルギー密度を１０倍上回る。

【００２０】

ケイ素－炭素複合材は、ミクロ孔およびメソ孔を含む多孔質炭素足場を含み、全細孔容

積は０．５ｃｍ^3／ｇを超える。多孔質炭素は、典型的には、細孔容積とも呼ばれる細孔空間を有し、細孔空間は、ガスまたは流体で充填することが可能な炭素中の一群の空隙（細孔）である。この実施形態は、一方ではアノードの重量、ひいては電気化学エネルギー蓄電装置の重量を、大幅に低減することができる。

【００２１】

この実施形態は、特に、ケイ素－炭素複合材料がアノードに使用され、このアノードがそれぞれ装備された電気化学エネルギー蓄電装置が車両などのモバイル用途に使用される場合に、最も重要であると考えられる。それとは別に、電気化学的特性も改善することができる。この点に関して、多孔質構造（porous arrangement）は、通常、製造が容易であり、通常、不純物が少なく、細孔容積が大きいという利点を提供する。その結果、多孔質炭素は、良好な電気伝導性と、高い機械的および化学的安定性と、を示す。

【００２２】

したがって、多孔質炭素足場は、ミクロ孔およびメソ孔を含む。本発明の意味でのミクロ孔は、２ｎｍ未満の直径を有する細孔として定義され、一方、本発明の意味でのメソ孔は、２ｎｍ～５０ｎｍの直径を有する細孔として定義される。

【００２３】

さらに、ケイ素－炭素複合材料は、ケイ素含有量が、ケイ素－炭素複合材料に関して３０ｗｔ％以上から７５ｗｔ％以下である。ケイ素－炭素複合材料の全質量に占めるケイ素含有量は、通常３０％～７５％の間、特に４０％～６０％である。この実施形態は、特に充電時間または他の充電特性に関して、非常に効率的な方法で、充電プロセスを改善することができる。

【００２４】

ケイ素－炭素複合材料は、ナノ粒子をさらに含む。含まれるナノ粒子は、元素Ｃｕ、ＦｅおよびＮｉの少なくとも１つを含むことを特徴とする。本発明の意味において、元素Ｃｕ、ＦｅおよびＮｉを含むとは、ナノ粒子が、純金属の形態で、または化学化合物もしくは合金中の原子成分として、または金属酸化物として、この元素を含むことを意味する。ナノ粒子がＣｕＯまたはFe_2O_3を含むことがとりわけ好ましい場合がある。さらに、サイズに関して、本発明の意味でのナノ粒子は、ナノメートル範囲、すなわち１０ｎｍ以下、例えば７ｎｍ以下、の範囲の最大直径を有すると定義される。特に、ナノワイヤは、３ｎｍ以上から１０ｎｍ以下の範囲の長さを有し得る。

【００２５】

具体的な配置に関し、ケイ素－炭素複合材料では、ナノワイヤが多孔質かつケイ素を含有する炭素足場の表面上に配置されるように配置されており、そして、後述するように、ナノワイヤを形成するためのシード粒子として機能することができる。

【００２６】

したがって、ケイ素－炭素複合材料は、シリコンナノワイヤおよびカーボンナノワイヤから選択されるナノワイヤをさらに含む。したがって、ケイ素－炭素複合材料は、シリコンナノワイヤ、カーボンナノワイヤ、またはシリコンナノワイヤとカーボンナノワイヤとの混合物を含むことができる。

【００２７】

当技術分野で一般に知られている一般的な定義および同様のものとして、ナノワイヤは、ナノメートルオーダーの直径を有するワイヤの形態のナノ構造物である。より正確には、ナノワイヤは、厚さまたは直径が、数十ナノメートル以下、特に１００ｎｍ以下、例えば５０ｎｍ以下に制限され、長さが制限されていない構造として定義することができる。

【００２８】

本技術分野で一般に知られているように、ＳｉＮＷｓとも呼ばれるシリコンナノワイヤは、固体のエッチングによって、または気相もしくは液相からの触媒成長によって、ケイ素前駆体から最も頻繁に形成される半導体ナノワイヤの一種である。本発明によれば、ナノワイヤは、ナノ粒子上に成長され、したがって、ナノ粒子はシード粒子として機能し得る。

【００２９】
シリコンナノワイヤは、単結晶ケイ素、多結晶ケイ素、またはそれらの組み合わせを含むものとして、提供されることが好ましい。換言すれば、シリコンナノワイヤは、単結晶形態のみ、多結晶形態のみ、または後者の混合物、を含む場合が好ましくあり得る。
【００３０】
カーボンナノワイヤは、シリコンナノワイヤに対応して、例えば、固体のエッチングによって、または気相もしくは液相からの触媒成長によって、特に化学気相堆積法からの触媒成長によって、炭素前駆体から形成され得る。この場合も、ナノ粒子は、シード粒子としての役割を果たすことができる。
【００３１】
さらに、第１の表面被膜であって、ケイ素－炭素複合材料の第１の表面領域の上に、少なくとも部分的に施用され、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される少なくとも１つの元素を含む第１の表面被膜が提供される。この表面被膜およびそれぞれの領域は、第１の表面被膜および第１の表面領域と呼ばれ、任意選択的に、第２の表面被膜および第２の表面領域が存在する場合があり、これについては、以下でより詳細に説明する。
【００３２】
したがって、第１の表面被膜は、ケイ素－炭素複合材料の少なくとも一部を覆い、より具体的には、ナノ粒子およびナノワイヤと共に、ケイ素含有炭素足場を少なくとも部分的に覆う。第１の表面被膜は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される元素のうちの少なくとも１つを含み、したがって、これらの元素のうちの１つのみを含むか、または前述の元素のうちの２つ以上の混合物を含む。本発明の意味において、元素Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂを含むとは、第１の表面被膜が、純金属形態の元素を含むか、または化学組成物もしくは合金中の原子成分として含むことを意味するものとする。特に好ましくは、第１の表面被膜は、上述の元素の酸化物、特に酸化アルミニウム（Al_2O_3）、を含むことが好ましい。
【００３３】
少なくとも部分的に施用された第１の表面被膜は、層として形成され、表面被膜からなる層は、０ｎｍ超過から０．３ｎｍ以下の厚さを有し、非晶質炭素または元素Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂのうちの少なくとも１つ以上からなる金属酸化物、または、前述の元素の組合せからなることが、それぞれ備えられたアノードの電子特性に関して、特に好ましい。
【００３４】
第１の表面被膜は、ケイ素－炭素複合材料の表面積（表面領域）の少なくとも５０％、したがってケイ素含有炭素足場およびナノワイヤならびにナノ粒子の表面積の少なくとも５０％、を覆っていることがさらに好ましい。第１の表面被膜は、例えば、ケイ素－炭素複合材料の表面積の少なくとも７０％を覆っており、好ましくは、ケイ素－炭素複合材料の表面積の少なくとも９５％を覆っている。一例として、第１の表面被膜は、ケイ素－炭素複合材料の表面積の１００％を覆っている。
【００３５】
含浸および／または被覆された炭素材料の利点は、リチウムイオン蓄電容量の安定度の改善であり、これは、リチウムイオン電池セルの充電容量を増加させる。
【００３６】
このようなケイ素炭素複合材料は、優れた電子特性が得られるという利点がある。このような特性は、特に、記載されたケイ素－炭素複合材料を備えるアノードの改善された充電挙動を可能にすることができる。
【００３７】
ケイ素－炭素複合材料の第１の表面領域を少なくとも部分的に覆う第１の表面被膜に加えて、第２のケイ素－炭素複合被膜を設けることが、さらに好ましい場合がある。このような第２の表面被膜は、ケイ素－炭素複合材料の表面領域を少なくとも部分的に覆う。し

たがって、ケイ素－炭素複合材料の表面領域は、第１の表面被膜によって少なくとも部分的に覆われ、さらに上記の第２の表面被膜によって少なくとも部分的に覆われる。第２の表面被膜は、ケイ素－炭素複合材料の第２の表面領域を覆うことができ、したがってケイ素含有炭素足場、ナノ粒子、およびナノワイヤの第２の表面領域を覆うことができる。第２の表面領域は、第１の表面領域とは異なっていてもよく、第１の表面領域と部分的に重なっていてもよく、または第１の表面領域と同じであってもよい。したがって、第２の表面被膜は、第１の表面被膜の上に、および／または第１の表面被膜の横に、したがって第１の表面被膜の隣に、少なくとも部分的に施用される。

【００３８】

第２の表面被膜に関し、第２の表面被膜は、炭素被膜として形成されることが好ましい場合がある。これに関して、炭素被膜は、純炭素被膜であってもよく、または被膜物質中の元素として炭素を含む被膜であってもよい。

【００３９】

第２の表面被膜は、材料の電気的特性、ひいてはそれを備えたアノードの電気的特性、を特に効果的に実現することができる。

【００４０】

ケイ素－炭素複合材料のさらなる利点および技術的特徴に関しては、アノード、方法、および電気化学エネルギー蓄電装置、ならびに車両に対しても当てはまる。

【００４１】

さらに、上述のような表面被膜ケイ素－炭素複合材料を製造する方法が開示され、この方法は、以下の工程：

ミクロ孔およびメソ孔を有する多孔質炭素足場を提供すること；

ケイ素、さらに任意選択で元素Ｆｅ、Ａｌ、Ｎｉ、ＷおよびＴｉのうちの少なくとも１つ、を含む化合物を、特に化学気相含浸法によって、多孔質炭素足場のミクロ孔およびメソ孔に導入して、ケイ素－炭素複合材料を形成すること；

カーボンナノワイヤおよびシリコンナノワイヤから選択されるナノワイヤを、特に化学気相堆積法によって、多孔質炭素足場に付着させること、ここで、ナノワイヤは、炭素足場の表面上に配置されているナノ粒子上に成長され、ナノ粒子は、Ｃｕ、Ｆｅおよび／またはＮｉから選択される少なくとも１つの元素を含む；

ケイ素－炭素複合材料の表面領域上に少なくとも第１の表面被膜を施用すること、ここで、前記第１の表面被膜は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される元素のうちの少なくとも１つを含み、第１の表面被膜は、ケイ素－炭素複合材料の表面領域を少なくとも部分的に覆う；

を含む。

【００４２】

このような方法は、前述のようなケイ素－炭素複合材料を製造するのに適している。

【００４３】

本方法は、少なくとも以下の工程を含む。

【００４４】

ミクロ孔およびメソ孔を備える多孔質炭素足場が提供される。ミクロ孔およびメソ孔の定義、ならびに炭素足場のさらなる実施形態に関しては、ケイ素－炭素複合材料に関する上記の説明を参照することができる。

【００４５】

多孔質炭素足場を提供した後に、ケイ素を含み、さらに任意に元素Ｆｅ、Ａｌ、Ｎｉ、ＷおよびＴｉのうちの少なくとも１つを含む化合物が、多孔質炭素足場のミクロ孔およびメソ孔中に提供される。細孔に導入されるそれぞれの化合物に関しては、ケイ素－炭素複合材料に関する上記説明を参照することができる。

【００４６】

多孔質炭素足場のミクロ孔およびメソ孔への化合物の導入は、ＣＶＩとしても知られる化学気相含浸法（Chemical Vapor Infiltration）によって行うことが好ましい。こ

のような手順は、それ自体は公知であり、本出願において重要な利点を提供する。例えば、含浸は、非常に小さな細孔、すなわち、ミクロ孔またはメソ孔においても、非常に明確に規定された方法で実現され得る。したがって、含浸された製品、およびこのようなケイ素－炭素複合材料もまた、規定された特性を有し、これは、ひいては、非常に再現性のある方法で電極を生成することを可能にする。

【００４７】

開示される方法は、カーボンナノワイヤおよびシリコンナノワイヤから選択されるナノワイヤが多孔質炭素足場に付着させる工程をさらに含む。これは、例えば、上で概説したような化学気相堆積法によって実現することができる。

【００４８】

特に、ナノワイヤは、炭素足場の表面上に配置されたナノ粒子上に成長する、ここで、ナノ粒子は、Ｃｕ、ＦｅおよびまたはＮｉから選択される少なくとも１つの元素を含む。本発明の意味において、元素Ｃｕ、ＦｅおよびＮｉを含むとは、ナノ粒子が純金属の形態の、または合金もしくは酸化物のような化学化合物中の原子成分として、元素を含むことを意味する。その結果、ナノワイヤを成長させる前に、シード粒子として機能するナノ粒子が、ケイ素含有炭素足場の表面上に配置される。

【００４９】

ナノ粒子に関しては、上記の説明を参照することができる。含まれるナノ粒子は、元素Ｃｕ、ＦｅおよびＮｉの少なくとも１つを含むことを特徴とする。本発明の意味において、元素Ｃｕ、ＦｅおよびＮｉを含むとは、ナノ粒子が純金属の形態の、または合金もしくは酸化物のような化学化合物中の原子成分として、元素を含むことを意味する。特に好ましくは、ナノ粒子は、ＣｕＯまたはFe_2O_3を含む。

【００５０】

好ましくはナノワイヤ、すなわちシリコンナノワイヤおよび／またはカーボンナノワイヤは、ＣｕＯまたはFe_2O_3のようなナノ粒子を介して多孔質炭素足場に付着される。シリコンナノワイヤおよびカーボンナノワイヤは、（例えば、SiH_4またはC_2H_2を使用することによる）化学気相堆積法および酸化銅の触媒挙動を使用して、ナノ粒子上にこのようなＳｉナノワイヤおよびＣナノワイヤを成長させることによって合成することができる。この方法は、非常に再現性の高い結果を得ることができ、結果として得られる構造も、非常に再現性の高い特性を示す。

【００５１】

ナノワイヤを炭素足場に付着させた後、ケイ素－炭素複合材料の表面領域上に、少なくとも第１の表面被膜を施用し、表面被覆されたケイ素－炭素複合材料を形成することを含む、さらなる工程が提供される。この被膜は、ケイ素－炭素複合材料の表面領域を少なくとも部分的に被覆する。

【００５２】

施用される表面被膜に関して、後者は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される元素の少なくとも１つを含む。一般に、第１の表面被膜は、元素Ａｌ、Ｓｉ、ＺｒおよびＮｂのうちの少なくとも１つからの金属酸化物を含むことが好ましい。第１の表面被膜は、酸化アルミニウムまたは酸化ジルコニウムまたは炭素を含むことが特に好ましい。

【００５３】

これは、ケイ素－炭素複合材料の表面の少なくとも５０％を覆うことができる。例示的な実施形態では、第１の表面被膜は、ケイ素－炭素複合材料の表面領域の全てを覆うことができる。

【００５４】

好ましくは、ケイ素および／またはカーボンナノワイヤを備えるケイ素－炭素複合材料の表面領域の少なくとも１つの表面被膜は、気相堆積法を介して適用される。

【００５５】

ケイ素－炭素複合材料は、金属アルコキシドまたは金属アミドまたはアルキル金属化合

物で処理されて、処理された化合物表面を形成することがさらに好ましい。その後、このように製造された化合物表面は、第１の表面被膜からなる少なくとも１つの層を形成するために、水分または酸素またはオゾンの少なくとも１つで処理される。この実施形態は、定義された予測可能な特性を有する表面被膜を提供するための、信頼できる方法を示している。

【００５６】

上記の処理に関して、ケイ素－炭素複合材料を、金属アルコキシドまたは金属アミドまたはアルキル金属化合物で処理して処理化合物表面を形成し、その後、処理化合物表面を、水分または酸素またはオゾンで処理することを、少なくとも１回繰り返すことが特に好ましい。この実施形態により、処理化合物表面の特に安全で信頼性の高い処理が可能となり、その結果、明確に定義された表面特性に達する。

【００５７】

処理化合物の水分または酸素またはオゾンによる処理に関しては、好ましくは、１５０℃から５５０℃の範囲の温度が適用される。

【００５８】

特定の実施形態では、また説明の目的のために、ケイ素含有炭素足場は、ＣｕＯなどのナノ粒子およびナノワイヤと共に材料を形成し、この材料は、別の反応媒体、例えばアルキル金属化合物の例としてトリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）、と反応される。これは、いわゆる原子層堆積（ＡＬＤ）プロセスの観点で実現することができる。したがって、ＴＭＡは、接近可能な表面を覆い、H_2Oの存在下、特に２５０℃を超える温度でAl_2O_3に分解する。

【００５９】

前述の方法のさらなる利点および技術的特徴に関しては、ケイ素－炭素複合材料、アノード、さらなる方法、および電気化学エネルギー蓄電装置、ならびに車両に対しても当てはまる。

【００６０】

さらに、上述のようなケイ素－炭素複合材料を含む、電気化学エネルギー蓄電装置用のアノードが開示される。ケイ素－炭素複合材料は、上述の任意の特徴で形成されてもよい。

【００６１】

したがって、アノードは、以下を含むケイ素－炭素複合材料を含む：

ミクロ孔およびメソ孔を含み、全細孔容積が０．５cm^3／ｇを超える、多孔質炭素足場；

当該ケイ素－炭素複合材料に関して３０重量％以上７５重量％以下の範囲のケイ素含有物；

元素Ｃｕ、ＦｅまたはＮｉのうちの少なくとも１つを含むナノ粒子であって、当該ナノ粒子が、ケイ素含有炭素足場の表面上に配置されている、ナノ粒子；および

シリコンナノワイヤおよびカーボンナノワイヤから選択されるナノワイヤであって、当該ナノワイヤは、上記ナノ粒子上に成長されている、

ここで、ケイ素－炭素複合材料の第１の表面領域上に、少なくとも部分的に施用される第１の表面被膜が提供され、上記表面被膜は、Ｃ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、ＺｒおよびＮｂから選択される元素の少なくとも１つを含む。

【００６２】

一般に、アノードは、アノードに関して４５重量％以上９０重量％以下の量でケイ素－炭素複合材料を含むことができる。一般に、この意味で、アノードは、好ましくは金属箔などの導電体に付着されるバインダ中に存在する、全ての材料を含むことができる。言い換えれば、アノードに関して規定される量は、したがって、導電体上に存在する材料に関する。

【００６３】

このケイ素－炭素複合材料に加えて、アノードは、第１および上述のケイ素－炭素複合

材料とは異なるさらなるケイ素－炭素複合材料を含んでもよい。

【００６４】

アノードは、グラファイト（黒鉛）をさらに含んでもよい。グラファイトは、一般に、リチウム電池またはリチウムイオン電池のアノード材料として知られている。グラファイトは、一般に、優れたアノード材料であり、比較的低コストで、豊富であり、高いエネルギー密度、出力密度、および非常に長いサイクル寿命という、比類のないバランスの恩恵を受けて、リチウムイオン電池について長い間知られている。しかしながら、従来技術の電気化学エネルギー蓄電装置では、グラファイトが主に、組成物中の量の点で主要な材料として存在する。このような配置とは対照的に、本発明によれば、グラファイトは、アノードに関して、比較的少量、すなわち５重量％以上４７重量％以下の量でアノード中に存在する。

【００６５】

驚くべきことに、炭素ケイ素複合材料によって大量のグラファイトを置き換えることは、純粋なグラファイトまたは大量のグラファイトと比較して、さらに改善された特性が得られることが判明した。

【００６６】

さらに、上述のように、アノードにはバインダが存在する。それ自体公知の様式でのバインダは、結合剤または結合材料である。したがって、バインダとは、例えば炭素およびケイ素－炭素複合材料のような物質の個々の成分、特に粒子、を一緒に保持することができる材料を指す。バインダは、典型的には粒子を対応するバインダと一緒にすると、凝集塊が形成され、これが新しい形態にさらに成形できるように配置される。

【００６７】

バインダは、アノード中に存在するすべての化合物、例えば、特に、第１のケイ素－炭素複合体の特に多孔質炭素とケイ素含有物や、グラファイトとナノワイヤなど、を結合するように構成されていてもよい。さらなる実施形態では、バインダは、さらなる材料を、それぞれのケイ素－炭素複合体の少なくとも１つに結合するために施用される。このように、バインダは、一般に、ケイ素－炭素複合体混合物の成分、および任意に、アノードとして形成され得る電極のさらなる炭素材料を、一緒に保持するために配置される。

【００６８】

アノードは、少なくとも１つのさらなるバインダを含むことができる。これは、炭素が電極の導電性を増加させ、したがって、改善された導電性を提供するという利点をもたらす。少なくとも１つのさらなるバインダは、機械的安定性をさらに支援する。

【００６９】

アノードは、少なくとも２つのバインダを含むことができ、第１のバインダは、第１のケイ素－炭素複合体の特に多孔質炭素ならびにケイ素－炭素部分、および、少なくとも１つのさらなるケイ素－炭素複合体の特に多孔質炭素ならびにケイ素部分、を結合するように配置され、少なくとも１つのさらなるバインダは、第１のケイ素－炭素複合体を少なくとも１つのさらなるケイ素－炭素複合体に結合するように配置される。

【００７０】

任意選択的に、ケイ素－炭素複合材料は、第１の材料成分と少なくとも１つのさらなる材料成分とを一緒に結合するように適合された、少なくとも１つのさらなるバインダを含む。

【００７１】

例えば、バインダは、スチレン－ブタジエンゴム／カルボキシメチルセルロース（ＳＢＲ／ＣＭＣ）混合物、ポリアクリル酸（ＰＡＡ）および／またはポリアクリル酸リチウム（ＬｉＰＡＡ）またはポリアクリル酸ナトリウム（ＮａＰＡＡ）である。代替的な実施形態では、バインダは、ポリテトラフルオロエチレン（ＰＴＦＥ）、パーフルオロアルコキシポリマー樹脂（ＰＦＡ）、フッ素化エチレンプロピレン（ＦＥＰ）、ポリエチレンテトラフルオロエチレン（ＥＴＦＥ）、ポリフッ化ビニル（ＰＶＦ）、ポリエチレンクロロトリフルオロエチレン（ＥＣＴＦＥ）、ポリフッ化ビニリデン（ＰＣＤＦ）、ポリクロロト

リフルオロエチレン（ＰＣＴＦＥ）、トリフルオロエタノール、またはこれらの材料の少なくとも１つと少なくとも１つの他の材料との組合せ、などのフルオロポリマーとして形成される。さらなる実施形態において、バインダは、ポリイミド、またはポリアクリル酸とスチレン－ブタジエンとのコポリマーである。しかしながら、バインダは、スチレン－ブタジエンガム／カルボキシメチルセルロース（ＣＭＣ／ＳＢＲ）混合物、ポリアクリル酸（ＰＡＡ）および／またはポリアクリル酸リチウム（ＬｉＰＡＡ）、またはポリアクリル酸ナトリウム（ＮａＰＡＡ）であることが特に好ましい。

【００７２】

一般に、バインダは、有機溶液中で、または水系溶液中で、または固体バインダとして使用することができる。

【００７３】

前述の材料、特にケイ素－炭素複合材料、グラファイト、それぞれの被覆を含むナノ粒子に接続されたナノワイヤ、バインダ中に存在する全てのもの、などは、最終的なアノードを形成するために、金属箔などの金属導電体上に設けられてもよい。

【００７４】

上記のようなアノードは、電気化学エネルギー蓄電装置を、非常に低い充電状態から非常に高い充電状態にまで、非常に短い時間で充電することを可能にする、優れた充電時間の利点を示す。これにより、市場での受容性が大幅に改善される。特に、車両に使用される二次電池について考えると、充電時間は、電気駆動車両の受容性を改善し得る重要な要因である。そのため、特に充電時間の改善は、自動車等の車両用二次電池の重要な特徴である。しかしながら、当然のことながら、ここに記載されるようなアノード、ひいては電気化学エネルギー蓄電装置は、車両での使用に限定されないことに留意されたい。

【００７５】

上記とは別に、また充電時間とは別に、アノードのさらなる特性、例えば、長寿命、高いサイクル安定性、および損傷に対する耐性は、劣化しない。

【００７６】

ケイ素－炭素複合体混合物は、ケイ素－炭素複合体混合物が０．０９ｇ／ｃｍ^3～１．５ｇ／ｃｍ^3、または１．１ｇ／ｃｍ^3～１．３ｇ／ｃｍ^{3}の範囲の電極密度を有するように構成することができる。これは、粒子が互いにより良好に接触し、これにより得られる電極の導電性が改善されるという利点を提供する。

【００７７】

特に、ケイ素－炭素複合材料混合物は、高い導電性を有する。このため、電極の抵抗が低減され、Ｌｉイオンとケイ素－炭素複合体混合物との反応をより速くできるるという利点を提供する。そのため、リチウムイオン電池の充電速度を向上させることができる。

【００７８】

前述のアノードのさらなる利点および技術的特徴に関しては、ケイ素－炭素複合材料、方法、および電気化学エネルギー蓄電装置、ならびに車両に対しても当てはまる。

【００７９】

さらに、前述のようなアノードを製造する方法が説明され、この方法は、以下の工程：

上記のようなケイ素－炭素複合材料を少なくとも１つの炭素と混合する工程、

電極ペーストを形成するために、ケイ素－炭素複合材料と少なくとも１種の炭素との混合物を、少なくとも１種のバインダと組み合わせる工程、

電極ペーストを、導電体箔などの導電体の少なくとも１つの表面上に少なくとも部分的に供給する工程、および、

アノードを形成するために、電極ペーストが供給された導電体箔を、特に１００℃以上１４０℃以下の温度で、乾燥させる工程、

を含む。

【００８０】

この方法では、まず電極ペーストを形成し、次に、金属箔などの導電体に供給する。

【００８１】

アノードを形成するために、シリコンナノワイヤおよびカーボンナノワイヤから選択されるナノワイヤで装飾されたケイ素含有炭素足場を有するケイ素－炭素複合材料は、さらなる炭素、したがって、純粋な炭素または原子炭素を含む化合物、と混合される。さらなる炭素は、特に導電性炭素であり、形成されたアノードの導電性を高めるために存在することができる。炭素として、グラファイトを例示することができる。均質な混合物が形成されることが特に好ましい。この工程は、一般に、それぞれの構成要素を組み合わせ、それらを従来の混合装置中で混合することによって実現することができる。ケイ素－炭素複合材料およびナノワイヤに関しては、上記の説明を参照されたい。

【００８２】

このようにして形成された混合物は次に、電極ペーストを形成するために、少なくとも１つのバインダと組み合わされる。バインダは一般に、当技術分野で知られているように選択することができ、上記のようなものとすることができる。バインダは、水溶液として、すなわち、水を含む水溶液として、および／または非水系バインダ溶液として、すなわち、特に有機溶媒を含む水溶液として、存在し得る。あるいは、固体バインダを使用してもよい。この工程により、電極ペーストが形成され得る。電極ペーストは、固体バインダを使用する場合には固体であってもよく、バインダ溶液を使用する場合にはペースト状の塊であってもよい。

【００８３】

次いで、電極ペーストは、導電体箔などの導電体の少なくとも１つの表面上に、少なくとも部分的に施用される。アノードには、特に銅箔を使用することができる。この工程は、例えばバインダ溶液が使用された場合にはドクターブレード法によって、または、例えば固体バインダが使用された場合にはカレンダー法によって、実現することができる。

【００８４】

特に、バインダ溶液が使用された場合、これに限定されないが、施用された電極ペーストは、製造手順を完了させるために乾燥することができる。一般に、乾燥は、１００℃以上１４０℃以下の範囲の温度で実現することができる。

【００８５】

前述の方法のさらなる利点および技術的特徴に関しては、ケイ素－炭素複合材料、アノード、さらなる方法、および電気化学エネルギー蓄電装置、ならびに車両に対しても当てはまる。

【００８６】

さらに、

上記のような少なくとも１つのアノード；

少なくとも１つのカソード；

カソードとアノードとの間に配置されたセパレータ；および、

リチウムイオンを含む電解質、

を含む、電気化学エネルギー蓄電装置がさらに開示される。

【００８７】

電気化学エネルギー蓄電装置の一般的な構成は、当技術分野で一般的に知られているように選択され得る。特に、電気化学エネルギー蓄電装置は、リチウムイオン電池として形成することができる。しかしながら、このような装置の重要な特徴は、上記でより詳細に説明したように、それがアノードを備えることである。

【００８８】

アノードに加えて、電気化学エネルギー蓄電装置、または後者の電気化学的セルは、カソードを含む。カソードは、一般にリチウム電池の技術分野で知られているように形成することができる。

【００８９】

カソードは、一般に、遷移金属酸化物を含むことができる。より具体的には、カソードは、一般式：$Li_{1+x}TM_{1-x}O$、ここでＴＭは、Ｎｉ、Ｃｏ、Ｍｎ、Ａｌ、Ｚｒ、Ｔｉ、Ｎｂ、Ｗである；を有する層状遷移金属酸化物材料の、単結晶（ＳＣ）形態、多結晶（

ＰＣ）形態、または単結晶（ＳＣ）形態および多結晶（ＰＣ）形態の混合、を含むことができる。これらの金属の量は、好ましくは、Ｎｉ＝０．７～０．９５、Ｃｏ＝０．０１～０．１５、Ｍｎ＝０．０１～０．１、Ａｌ＝０～０．０３、Ｚｒ＝０～０．０１、Ｎｂ，Ｔｉ，Ｗ＝０～０．０２であり、ｘは、０～０．０５の間の任意の値であり得る。また、単結晶（ＳＣ）と多結晶（ＰＣ）の混合物が存在する場合、その混合比は、ＳＣが２０～３５ｗｔ％、ＰＣが６５～８０ｗｔ％とすることができる。

【００９０】

カソードは、特に、リチウムニッケルマンガンコバルト酸化物を含み、リチウムニッケルマンガンコバルト酸化物は、多結晶形態と単結晶形態の混合物の形態で存在する。この実施形態によれば、電気化学エネルギー蓄電装置の電気化学的特性は、特にサイクル挙動に関して、特に充電時間に関して、さらに改善され得る。

【００９１】

セパレータに関して、セパレータは、一般に、従来技術で知られているように形成することもできる。好ましくは、セパレータは、三層ポリマーを含んでもよい。このようなポリマーは、例えば、Al_2O_3、$BaTiO_3$などの無機コーティングを含むことができる。

【００９２】

セパレータは、アノードに積層されることがさらに好ましい場合がある。これにより、セパレータが既にアノード電極上に固定されるため、電極の積層性を改善するという利点をえることができる。

【００９３】

電解質は、フルオロエチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、エチレンカーボネート、リチウムヘキサフルオロホスフェート、およびリチウムビス（フルオロスルホニル）イミドからなる群から選択される少なくとも１つの化合物を含むことができる。このような電解質は、リチウム電池に使用される場合に、優れた特性を示すことが示され得る。電解質は、一般に、$LiPF_6$と$LiFSi$との混合物を含むことができ、電解質は、フルオロエチレンカーボネート（ＦＥＣ）系であってもよい。例示的に、それぞれ電解質に関して、１～１０ｗｔ％のＦＥＣ、０～２０ｗｔ％のエチレンカーボネート（ＥＣ）、０～３０ｗｔ％のプロピレンカーボネート（ＰＣ）、および任意の追加の添加剤、を含み得る。

【００９４】

上述のようなアノードを備える電気化学エネルギー蓄電装置は、電気化学エネルギー蓄電装置を、非常に低い充電状態から非常に高い充電状態にまで、非常に短い時間で充電することを可能にする、充電時間について優れた利点を示す。これは市場での受け入れ性を大幅に改善する。

【００９５】

特に、車両に使用される二次電池について考えると、充電時間は、電気駆動車両の受容性を改善し得る重要な要因である。

【００９６】

上記とは別に、また充電時間とは別に、アノードのさらなる特性、例えば、長寿命、高いサイクル安定性、および損傷に対する耐性、は劣化しない。

【００９７】

前述の電気化学エネルギー蓄電装置のさらなる利点および技術的特徴に関しては、ケイ素－炭素複合材料、アノード、方法、ならびに車両に対しても当てはまる。

【００９８】

さらに、電気エンジンと、電気エンジンに電気エネルギーを供給するための電気化学エネルギー蓄電装置と、を備え、電気化学エネルギー蓄電装置が、前述のように形成されることを特徴とする、電気駆動車両が開示される。

【００９９】

車両は、一般に、電気的に駆動される任意の車両であってよい。特に、電動車両は、完

全に電気的に駆動される車両であってもよいし、いわゆるハイブリッド車両であってもよい。しかしながら、電気的に駆動される車両は、自動車、バス、またはトラックなどの完全に電気駆動される陸上車両であることが好ましい場合がある。

【０１００】

このような車両は、電気エンジンと、電気エンジンに電気エネルギーを供給するための電気化学エネルギー蓄電装置と、を備える。

【０１０１】

電気エンジンは、一般に、当技術分野で知られているように構成されてもよく、例えば、電気駆動エンジンは、電気モーターとしての永久同期機械であってもよいし、電気モーターとしての非同期機械であってもよい。もちろん、両方のエンジンが存在してもよく、電気化学エネルギー蓄電装置から電気エネルギーを供給してもよい。後者は、上記で定義したように設計される。

【０１０２】

説明したようなアノード、したがってそれぞれの電気化学エネルギー蓄電装置は、電気化学エネルギー蓄電装置を非常に低い充電状態から非常に高い充電状態に非常に短い時間で充電することを可能にする、優れた充電時間の利点を示す。これは市場での受け入れ性を大幅に改善する。

【０１０３】

特に、車両に使用される二次電池について考えると、充電時間は、電気駆動車両の受け入れ性を改善し得る重要な要因である。そのため、特に充電時間の向上は、車両用二次電池の重要な特徴である。しかしながら、当然のことながら、本明細書に記載されるようなアノード、したがって、電気化学エネルギー蓄電装置は、車両における使用に限定されないことに留意されたい。

【０１０４】

上記とは別に、また充電時間とは別に、アノードのさらなる特性、例えば、長寿命、高いサイクル安定性、および損傷に対する耐性は劣化しない。

【０１０５】

前述の車両のさらなる利点および技術的特徴に関しては、ケイ素－炭素複合材料、アノード、方法、および電気化学エネルギー蓄電装置に対しても当てはまる。

【０１０６】

以下では、本発明を、好ましい実施形態による添付の図面および添付の実施例を参照して例示的に説明するが、以下の図に示す特徴は、それぞれ個々に、または組み合わせて、本発明の態様を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【０１０７】

【図１】図１は、ケイ素－炭素複合材料を含む製造されたアノードを有する例示的な電気化学蓄電装置を示す。

【図２】図２は、ケイ素－炭素複合材料を含むアノードを有する、さらなる実施形態による例示的な電気化学蓄電装置を示す。

【０１０８】

図面において、同一の参照番号は、類似の要素を識別する。図中の要素のサイズおよび相対位置は、必ずしも一定の縮尺で描かれておらず、これらの要素の一部は、図の見やすさを改善するために拡大され配置されている。さらに、描かれている要素の特定の形状は、特定の要素の実際の形状に関するいかなる情報も伝えることを意図しておらず、図面における認識を容易にするためにのみ選択されている。

【０１０９】

図１は、ケイ素－炭素複合材料１０を含むアノード１１０（アノード電極とも呼ばれる）を有する例示的な電気化学蓄電装置１００の断面図を示す。

【０１１０】

電気化学蓄電装置１００は、リチウムイオン電池セルとして形成される。電気化学蓄電

装置１００は、少なくとも１つのアノード１１０と、少なくとも１つのカソード１２０と、カソード１２０とアノード１１０との間に配置されたセパレータ１３０とを備える。カソード１２０は、好ましくは遷移金属酸化物を含む。

【０１１１】

さらに、リチウムイオンを含む電解質１４０が、電気化学蓄電装置１００のセルハウジング１５０内に設けられる。電気化学蓄電装置１００は、袋状（パウチ形態）のリチウムイオン電池セルとして形成することができる。したがって、セルハウジング１５０は、アルミニウム製の袋として形成することができる。アノード１１０、カソード１２０及びセパレータ１３０は、セルハウジング１５０内に配置される。

【０１１２】

なお、図１は、簡略化した断面図を示している。アノード１１０、カソード１２０、およびセパレータ１３０は、通常、包装を最適化するために、および電解質１４０の可能な表面領域を増加させるために、捲回されたり折り畳まれたりした複数の層として形成される。図示の例では、説明のため、構成要素のうちの１つの層のみが見えるようになっている。

【０１１３】

アノード１１０は、ケイ素－炭素複合材料１０で両面が被覆されている。ケイ素－炭素複合材料１０の表面被膜１１は、アノード１１０の集電体１１１と接触していない、ケイ素－炭素複合材料１０の表面領域において行われる。

【０１１４】

ケイ素－炭素材料１０を有するアノード１１０を利用することによって、電気的特性、特に充電時間、が著しく向上する。

【０１１５】

図２には、さらなる例示的な電気化学蓄電装置１００が示されている。電気化学蓄電装置１００は、ケイ素－炭素複合材料１０を有するアノード１１０を含む。図１に図示の実施形態とは対照的に、ケイ素－炭素複合材料１０の表面被膜１１は、ケイ素－炭素複合材料１０の表面の一部が表面被膜１１なしで残るように、ケイ素－炭素複合材料１０の表面上に部分的に施用されている。

【図面】

【図１】

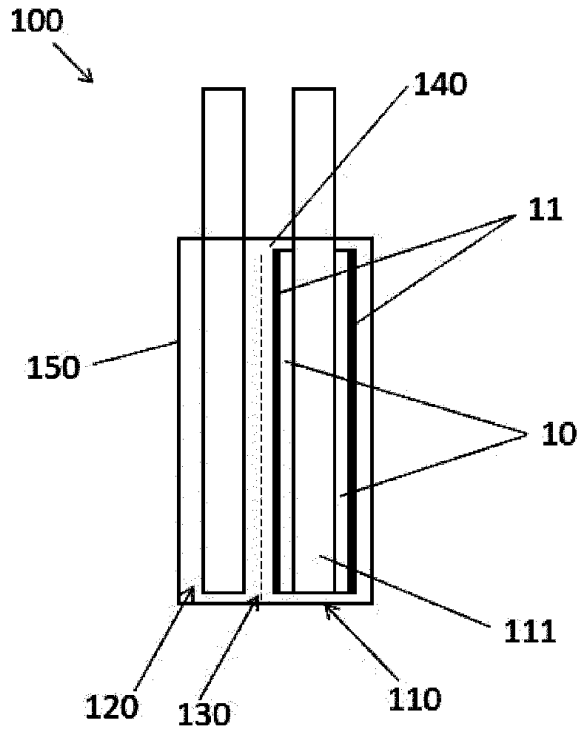


Fig. 1

【図２】

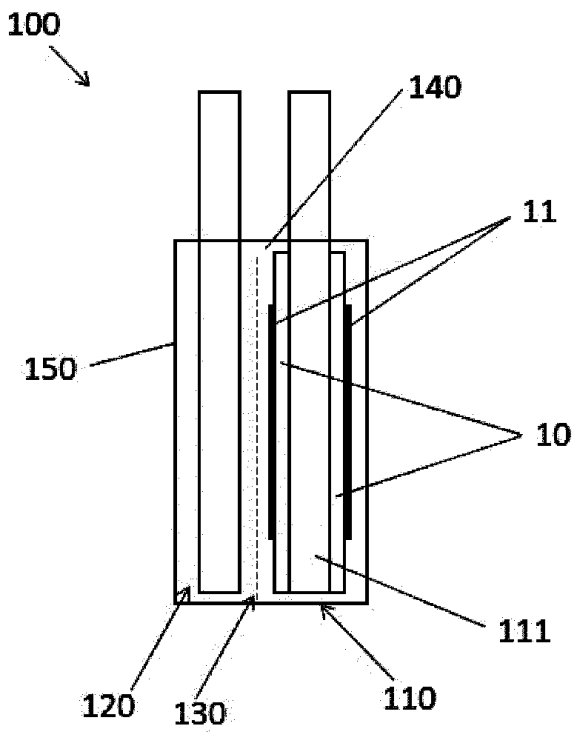


Fig. 2

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/059785

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01M4/133 H01M4/36 H01M4/40 H01M4/04 H01M4/134
H01M4/1395 H01M4/38 H01M4/62
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2017/170477 A1 (SAKSHAUG AVERY [US] ET AL) 15 June 2017 (2017-06-15) paragraphs [0017] - [0045], [0206] - [0222], [0246] - [0267]	1-20
A	WO 2022/072715 A1 (GROUP14 TECH INC [US]) 7 April 2022 (2022-04-07) page 7, line 27 - page 18, line 9 page 19, line 8 - page 29, line 8; tables 1-2	1-20
A	US 2022/055906 A1 (COSTANTINO HENRY R [US] ET AL) 24 February 2022 (2022-02-24) paragraphs [0010] - [0011], [0062] - [0072], [0077] - [0144]; examples 1-21; tables 1-5	1-20

-/--

[x] Further documents are listed in the continuation of Box C. [x] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
22 June 2023	05/07/2023

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Lecerf, Nicolas

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2023/059785

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2022/059818 A1 (DHANABALAN ABIRAMI [US] ET AL) 24 February 2022 (2022-02-24) paragraphs [0061] - [0071], [0076] - [0143]; examples 1-21; tables 1-5	1-20
A	US 2021/276875 A1 (MASON CHARLES [GB] ET AL) 9 September 2021 (2021-09-09) paragraphs [0040] - [0047], [0090] - [0098], [0130] - [0131]	1-20

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2023/059785

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2017170477 A1	15-06-2017	CN 108475779 A	31-08-2018
		CN 113224274 A	06-08-2021
		EP 3341990 A1	04-07-2018
		EP 3836261 A1	16-06-2021
		JP 7115976 B2	09-08-2022
		JP 2018534720 A	22-11-2018
		JP 2022153561 A	12-10-2022
		KR 20180113187 A	15-10-2018
		US 11495798 B1	08-11-2022
		US 2017170477 A1	15-06-2017
		US 2019280298 A1	12-09-2019
		US 2020075954 A1	05-03-2020
		US 2020152983 A1	14-05-2020
		US 2020365896 A1	19-11-2020
		US 2022231296 A1	21-07-2022
		US 2023058348 A1	23-02-2023
		WO 2017040299 A1	09-03-2017
WO 2022072715 A1	07-04-2022	CA 3195890 A1	07-04-2022
		KR 20230082028 A	08-06-2023
		WO 2022072715 A1	07-04-2022
US 2022055906 A1	24-02-2022	NONE	
US 2022059818 A1	24-02-2022	NONE	
US 2021276875 A1	09-09-2021	GB 2597759 A	09-02-2022
		US 2021276875 A1	09-09-2021

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (April 2005)

フロントページの続き

(51)国際特許分類		FI			テーマコード（参考）
H01M	*4/62 (2006.01)*	H01M	4/62	Z	

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

弁理士　竹本 美奈

(72)発明者　ゾマー，ハイノ

ドイツ連邦共和国 ７６３４４ エッゲンシュタイン－レオポルトシュハーフェン，デンハーガーシュトラーセ３

Ｆターム（参考）　4G146　AA16 AA17 AA19 AB06 AC03A AC04A AD15 AD17 AD23 AD25
CB12 CB20 CB23 CB32 CB33 CB34 CB39
5H050　AA02 AA07 BA16 CA08 CB11 DA11 FA13 FA16 FA17 GA02
GA08 GA10 GA21 GA24 HA01 HA04 HA07 HA14

【要約の続き】
ら選択される元素のうちの少なくとも１つを含む、
ケイ素－炭素複合材料（１０）に関する。