



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0044322

(51)^{2021.01} H01M 4/525; H01M 10/0566; H01M 4/38; H01M 4/62; H01M 4/583; H01M 10/0525; H01M 4/505 (13) B

(21) 1-2022-06704

(22) 10/02/2021

(86) PCT/IB2021/051096 10/02/2021

(87) WO 2021/191695 30/09/2021

(30) 16/827,365 23/03/2020 US

(45) 25/03/2025 444

(43) 26/12/2022 417A

(71) TECHTRONIC CORDLESS GP (US)

100 Innovation Way, Anderson, South Carolina 29621, United States of America

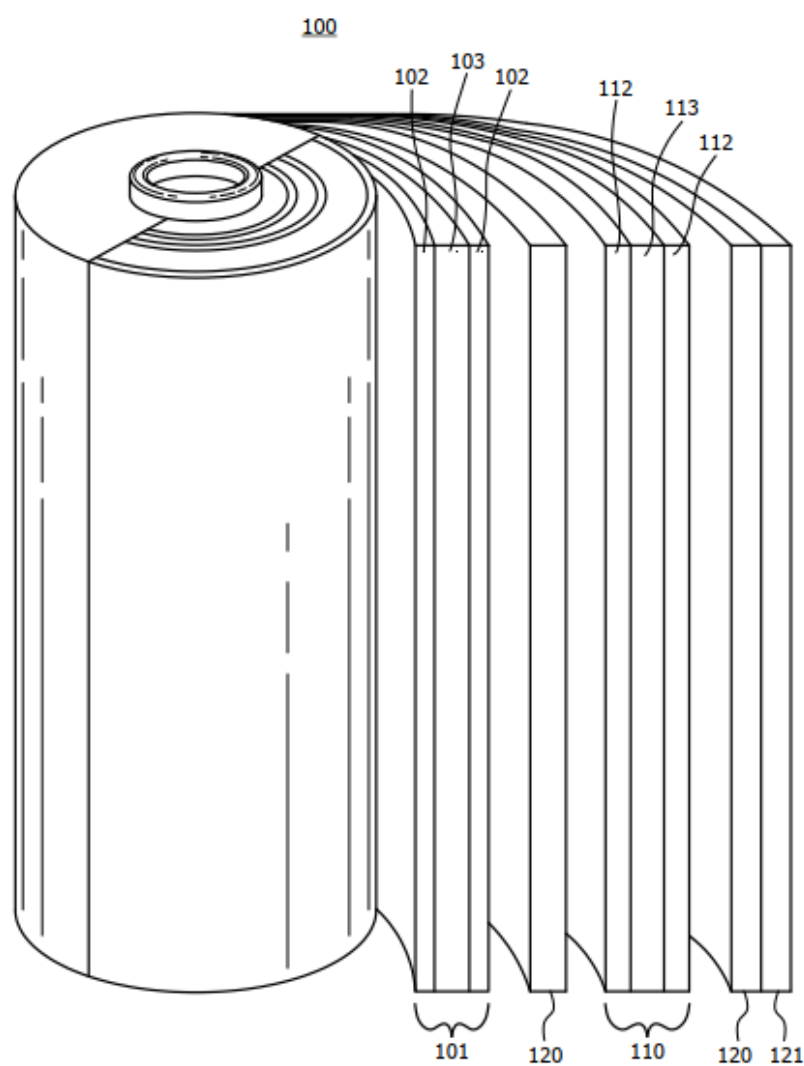
(72) FAUTEUX, Denis Gaston (CA); SUBRAMANIAN, Aditya (IN).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) PIN LITHI-ION

(21) 1-2022-06704

(57) Các hệ thống và các phương pháp cung cấp các cấu hình pin lithi-ion với mật độ năng lượng cao được bộc lộ. Các phương án cung cấp các pin lithi-ion bao gồm anôt bao gồm 30 đến 85% khối lượng silic, do đó tạo điều kiện thuận lợi cho mật độ năng lượng cao và tỷ lệ N:P cao cho các pin lithi-ion. Tỷ lệ N:P cao còn cho phép khả năng nạp điện nhanh và các khả năng nạp điện ở nhiệt độ thấp của các pin lithi-ion.



HÌNH 1

THAM KHẢO CHÉO ĐẾN CÁC ĐƠN LIÊN QUAN

[0001] Đơn này yêu cầu hưởng quyền ưu tiên từ Đơn sáng chế Mỹ số 16/827,365, được nộp ngày 23 tháng 3 năm 2020, được kết hợp toàn bộ ở đây bằng cách viện dẫn.

LĨNH VỰC KỸ THUẬT ĐƯỢC ĐỀ CẬP

[0002] Sáng chế đề cập chung đến các pin. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến các pin lithi-ion được cấu hình để cung cấp công suất lớn và mật độ năng lượng cao với độ ổn định nhiệt cao.

TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT CỦA SÁNG CHẾ

[0003] Việc sử dụng các dạng pin khác nhau đã trở nên gần như phổ biến trong thế giới ngày nay. Vì ngày càng nhiều các thiết bị cầm tay hoặc không dây, như các công cụ điện điện (ví dụ, máy khoan, máy cưa, máy xén cỏ, máy thổi, máy chà nhám, v.v.), các thiết bị nhỏ (ví dụ, máy được trộn, máy xay, máy xay cà phê, v.v.), thiết bị liên lạc (ví dụ, điện thoại thông minh, trợ lý kỹ thuật số cá nhân, v.v.), và thiết bị văn phòng (ví dụ, máy tính, máy tính bảng, máy in, v.v.), đang được sử dụng rộng rãi, việc sử dụng các công nghệ pin có cấu hình và hóa học khác nhau là điều phổ biến.

[0004] Cấu hình pin lithi-ion (LiB) đã trở nên phổ biến trong những năm gần đây để sử dụng đối với các thiết bị cầm tay hoặc không dây và các xe điện. Các LiB, mặc dù có khả năng cung cấp hóa chất kém ổn định hơn (ví dụ, có chứa chất điện phân dễ cháy) so với các cấu hình pin như NiCd, tuy nhiên chúng có mật độ năng lượng cao hơn và mức độ độc hại thấp hơn nhiều cấu hình pin có thể nạp điện lại (ví dụ, NiCd và NiMH (Hydrit kim loại niken)), thường không có hiệu ứng nhớ, và phải chịu sự tự xả điện thấp và do đó cung cấp cấu hình pin có thể nạp điện lại thường được sử dụng trong các thiết bị cầm tay hoặc không dây hiện nay.

[0005] Kích thước và khối lượng của các thiết bị cầm tay hoặc không dây thường là yếu tố cân nhắc quan trọng. Vì kích thước và khối lượng của hệ thống pin có thể nạp điện lại trên thiết bị, thường gồm nhiều các pin riêng lẻ dưới dạng một bộ pin, thường đóng góp đáng kể vào tổng thể kích thước và/ hoặc khối lượng của thiết bị cầm tay hoặc không dây, kích thước và khối lượng của các pin có thể nạp điện lại có thể quan trọng trong thiết kế của các thiết bị chủ. Như vậy các quan tâm về kích thước và khối lượng

được cân đối với nhu cầu cho lưu trữ và cung cấp đủ điện năng để cho phép sử dụng hiệu quả và mong muốn của thiết bị chủ cầm tay hoặc không dây, hoặc các xe điện.

BẢN CHẤT KỸ THUẬT CỦA SÁNG CHẾ

[0006] Các pin lithi-ion sẵn có hiện tại có một số nhược điểm. Ví dụ, graphite, là một trong những vật liệu anốt được sử dụng phổ biến nhất, đã trở thành một trong những yếu tố hạn chế chính ngăn cản sự cải thiện đáng kể mật độ năng lượng của các pin lithi ion do dung lượng bị giới hạn của nó trên đơn vị thể tích và/ hoặc trên đơn vị khối lượng. Ví dụ, graphite được lithi hóa hoàn toàn 100% có dung lượng là 330 đến 372 mAh/g so sánh với 3400 đến 4200 mAh/g đối với silic được lithi hóa hoàn toàn 100%, mặc dù cách thức các vật liệu này được sử dụng trong lĩnh vực chế tạo pin không tạo thành công suất đầy đủ của chúng. Khi nhu cầu về các pin với mật độ năng lượng cao hơn liên tục tăng, các vật liệu khác có dung lượng cao hơn nhiều, như silic, đã được sử dụng làm chất phụ gia cho graphite để cải thiện dung lượng anốt. Tuy nhiên, silic, khi được sử dụng trong các anốt của các pin lithi-ion, có xu hướng dẫn nổ đáng kể (lên tới 300%) khi các pin được nạp điện, dẫn đến nhu cầu thể tích pin bổ sung để đáp ứng sự dẫn nổ của silic, điều này gây ra lo ngại về an toàn vì sự dẫn nổ của anốt trong một không gian hạn chế của pin hoặc tế bào pin có thể gây ra thiệt hại tới tính vẹn toàn cấu trúc của pin hoặc tế bào pin, tác động đến hiệu suất và mật độ năng lượng, tương ứng. Thêm vào đó, sự dẫn nổ của silic trong anốt có thể tạo ra các vấn đề về bám dính, và dẫn đến nhu cầu dùng thêm chất kết dính trong các anốt. Các cực dương trong các pin lithi-ion sẵn có hiện tại thông thường hạn chế tối đa nồng độ silic khoảng 30% khối lượng nhằm tránh những vấn đề này (ví dụ, do sự dẫn nổ silic). Do đó, các anốt trên 30% khối lượng silic hiện đang đại diện cho một hạn chế thiết kế chưa được giải quyết khi cố gắng cải thiện mật độ năng lượng và/ hoặc mật độ công suất của các pin lithi-ion.

[0007] Hơn nữa, các pin lithi-ion sẵn có hiện tại có tốc độ nạp điện tương đối chậm, có thể hạn chế các ứng dụng của chúng trong nhiều lĩnh vực. Cụ thể hơn, vì graphite được sử dụng trong các anốt có dung lượng bị hạn chế trên đơn vị thể tích và trên đơn vị khối lượng, tỷ lệ N:P hơi lớn hơn một đơn vị (ví dụ, tỷ lệ N:P là 1,05) thông thường được sử dụng trong các pin lithi-ion thương mại để hạn chế trọng khối của anốt (graphite). Với mức vượt bị giới hạn của dung lượng anốt so với dung lượng của catốt, các pin lithi-ion sẵn có hiện tại phải được nạp điện chậm nhằm tránh các tác động có hại bị gây ra do nạp điện quá mức. Lý do khác cho việc nạp điện chậm của các pin lithi-ion sẵn có hiện tại

là do trong khi nạp điện, anốt graphit đạt đến điện thế khử lithi, điều này có thể dẫn đến sự hình thành của các đuôi gai lithi trong quá trình nạp điện nhanh và/ hoặc các điều kiện nạp điện lạnh.

[0008] Một giải pháp cho ít nhất một số vấn đề đã đề cập ở trên liên quan đến các pin lithi-ion đã được tìm ra và cho phép khả năng pin lithi-ion bao gồm anốt có hàm lượng silic từ 30 đến 85% khối lượng được làm ra. Đáng chú ý, vì silic có dung lượng trên đơn vị thể tích và trên đơn vị khối lượng cao hơn đáng kể so với graphit, hàm lượng silic cao trong anốt có thể giúp giảm thể tích tổng thể và/ hoặc khối lượng của anốt trong các pin lithi-ion. Điều này có thể có lợi ít nhất làm giảm thể tích của pin lithi-ion cần đến để đạt được dung lượng được xác định trước, dẫn đến mật độ năng lượng được cải thiện. Nồng độ cao của silic trong anốt còn tạo điều kiện thuận lợi độ dày giảm của anốt của pin lithi-ion so sánh với các anốt chứa ít hoặc về cơ bản không có silic.

[0009] Thêm vào đó, vật liệu silic được sử dụng để tạo thành anốt của pin lithi-ion được bọc lộ được cấu hình để thể hiện sự dẫn nở thể tích bị giới hạn khi pin được nạp điện (hoặc đang nạp điện), do đó làm giảm nhu cầu thể tích pin bổ sung để đáp ứng sự dẫn nở silic, làm giảm rủi ro bị gây ra do sự dẫn nở silic trong không gian bị giới hạn của pin, và cuối cùng cho phép hàm lượng silic anốt cao tới 85% khối lượng trong pin lithi-ion. Ví dụ, các dây nano silic với tỷ lệ đường kính trên tỷ lệ chiều dài cao cho phép silic chỉ dẫn nở dọc theo hướng được ưu tiên, do đó điều khiển sự dẫn nở tổng thể trong tế bào pin. Các hạt silic được bao bọc bởi các tấm graphen linh hoạt cũng có thể được sử dụng vì các tấm graphen đang hoạt động như các màng linh hoạt để hạn chế sự dẫn nở của các hạt silic. Silic dư thừa trong các anốt cũng có thể được thực hiện để ngăn silic kích hoạt sự dẫn nở thể tích đầy đủ. Cuối cùng nhưng không kém phần quan trọng, ít nhất một số silic trong anốt có thể trong dạng oxit silic để tìm điểm cân bằng của dung lượng anốt và thể tích dẫn nở vì oxit silic có thể tích dẫn nở thấp hơn nhưng dung lượng thấp hơn so sánh với silic.

[0010] Hơn nữa, việc sử dụng nồng độ cao của silic trong anốt, có dung lượng khoảng 5 đến 10 lần so với graphit, có thể dẫn đến tỷ lệ N:P cao (dung lượng điện cực âm trên dung lượng điện cực dương) cho các pin lithi-ion được bọc lộ. Dung lượng anốt dư thừa so với dung lượng catốt có thể tạo điều kiện việc nạp điện nhanh và/ hoặc việc nạp điện nhiệt độ thấp của các pin lithi-ion với các lo ngại tối thiểu về các tác động bất lợi. Anốt dư thừa silic được cấu hình giúp ngăn chặn anốt tiếp cận điện thế mạ lithi và hình thành

các đuôi gai lithi. Hơn nữa, pin lithi được bọc lộ có thể bao gồm chất điện phân không cháy, gồm cả chất lỏng ion, do đó tăng cường sự an toàn của các pin lithi ion được bọc lộ. .

[0011] Các pin lithi ion được bọc lộ, trong các phương án của sáng chế, thể hiện mật độ năng lượng được cải thiện đáng kể so sánh với các pin lithi-ion sẵn có hiện tại trong khi đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn cần thiết để sử dụng trong các loại thiết bị khác nhau bao gồm, nhưng không giới hạn ở, các công cụ điện, các máy hút bụi, thiết bị cắt cỏ và làm vườn, các xe điện, các thiết bị thông minh di động. Theo các phương án của sáng chế, pin lithi-ion có thể được nạp điện ở nhiệt độ thấp khoảng 0°C với tốc độ nạp điện lên tới 5 C đến 10 C (ví dụ, nạp điện trong vòng 12-6 phút, tương ứng) và lên tới 4 C (tức là 15 phút) ở nhiệt độ thấp khoảng -20°C do tỷ lệ N:P từ ít nhất 1,2 đến 4, do đó còn cho phép pin lithi-ion được sử dụng trong các thiết bị và/ hoặc các xe điện cần được vận hành và được nạp điện ở môi trường nhiệt độ thấp. "Tốc độ nạp điện" có thể được định nghĩa là dòng điện hoặc là "tốc độ C". Do đó, pin lithi-ion được bọc lộ cung cấp thành tựu kỹ thuật trên các pin lithi-ion sẵn có hiện tại được đề cập ở trên, như mật độ năng lượng thấp, tốc độ nạp điện thấp, và thiếu khả năng nạp điện lại ở các nhiệt độ thấp.

[0012] Phần dưới đây bao gồm các định nghĩa của các thuật ngữ và các cụm từ khác nhau được sử dụng trong suốt bản mô tả này.

[0013] Các thuật ngữ "khoảng" hoặc "xấp xỉ" được định nghĩa giống như được hiểu bởi người có trình độ trung bình trong lĩnh vực. Trong một phương án không giới hạn các thuật ngữ được định nghĩa là trong 10%, tốt hơn là, trong 5%, tốt hơn nữa là, trong 1%, và tốt nhất là, trong 0,5%.

[0014] Các thuật ngữ "% theo khối lượng," "% theo thể tích," hoặc "% theo mol" đề cập đến phần trăm khối lượng, thể tích, hoặc mol của thành phần, tương ứng, dựa trên tổng khối lượng, tổng thể tích, hoặc tổng số mol của vật liệu mà bao gồm thành phần. Trong ví dụ không nhằm giới hạn, 10 mol của thành phần trong 100 mol của vật liệu là 10% theo mol của thành phần.

[0015] Thuật ngữ "về cơ bản" và các biến thể của nó được định nghĩa để bao gồm các khoảng trong 10%, trong 5%, trong 1%, hoặc trong 0,5%.

[0016] Các thuật ngữ "ức chế" hoặc "làm giảm" hoặc "ngăn ngừa" hoặc "tránh" hoặc biến thể bất kỳ của các thuật ngữ này, khi được sử dụng trong các điểm yêu cầu bảo hộ và/ hoặc bản mô tả, bao gồm sự giảm có thể đo được hoặc sự ức chế hoàn toàn để đạt được kết quả mong muốn.

[0017] Thuật ngữ "hiệu quả," như cách thuật ngữ được sử dụng trong bản mô tả và/ hoặc các điểm yêu cầu bảo hộ, có nghĩa là đủ để đạt được kết quả mong muốn, được dự kiến, hoặc được dự định.

[0018] Việc sử dụng các từ "a" hoặc "an" khi được sử dụng kết hợp với thuật ngữ "bao gồm," "gồm," "có chứa," hoặc "có" trong các điểm yêu cầu bảo hộ hoặc bản mô tả có thể có nghĩa "một," nhưng nó cũng thống nhất với ý nghĩa của "một hoặc nhiều," "ít nhất một," và "một hoặc nhiều hơn một."

[0019] Các từ "bao gồm" (và dạng bất kỳ của bao gồm, như "bao gồm" và "bao gồm"), "có" (và dạng bất kỳ của có, như "có" và "có"), "gồm" (và dạng bất kỳ của gồm, như "bao gồm" và "bao gồm") hoặc "có chứa" (và dạng bất kỳ của có chứa, như "có chứa" và "có chứa") là bao gồm hoặc kết thúc mở và không loại trừ các thành phần hoặc các bước phương pháp bổ sung, không được liệt kê.

[0020] Quy trình của sáng chế có thể "bao gồm," "về cơ bản bao gồm," hoặc "gồm có" các thành phần, các bộ phận, các hợp phần cụ thể, v.v., được bộc lộ trong suốt bản mô tả. Đối với cụm chuyển đổi "về cơ bản bao gồm," trong một khía cạnh không giới hạn, đặc tính mới và cơ bản của các chất bám dính nhạy áp của sáng chế là khả năng của chúng để bắt đầu cắt polyme để phản ứng với bức xạ điện từ được lựa chọn.

[0021] Phần bản chất kỹ thuật nêu trên chỉ đưa ra các dấu hiệu cũng như các ưu điểm kỹ thuật chung nhất của sáng chế để phần mô tả chi tiết sáng chế dưới đây có thể được hiểu rõ hơn. Các dấu hiệu và ưu điểm khác của sáng chế sẽ được mô tả dưới đây tạo thành đối tượng được bảo hộ thuộc phần yêu cầu bảo hộ của sáng chế. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực sẽ hiểu rằng khái niệm và phương án thực hiện ưu tiên cụ thể được bộc lộ có thể được sử dụng dễ dàng làm cơ sở cho việc biến đổi hoặc thiết kế các cấu trúc khác để đạt được cùng một mục đích của sáng chế. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực cũng sẽ thấy rằng các kết cấu tương đương không tách khỏi tinh thần và phạm vi của sáng chế như được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Các dấu hiệu mới mà được tin là đặc tính của sáng chế, cả ở dạng tổ chức của nó và phương

pháp vận hành, cùng với các mục đích và ưu điểm khác sẽ được hiểu tốt hơn từ phần mô tả sau đây khi xem xét kết hợp với các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, cần hiểu rõ ràng rằng mỗi hình vẽ được đưa ra chỉ cho mục đích minh họa và mô tả và không dự tính là định nghĩa các giới hạn của sáng chế.

MÔ TẢ VẮN TẮT CÁC HÌNH VẼ

[0022] Để hiểu đầy đủ hơn sáng chế, bây giờ tham chiếu đến các mô tả sau đây kết hợp với các hình vẽ kèm theo, trong đó:

[0023] Hình 1 thể hiện sơ đồ của pin lithi-ion, theo các phương án của sáng chế;

[0024] Hình 2 thể hiện sơ đồ của các dây nano silic có thể sử dụng làm vật liệu cơ bản cho anốt của pin lithi-ion, theo các phương án của sáng chế;

[0025] Các Hình 3A và 3B thể hiện các sơ đồ của mô hình "lòng đỏ trứng" silic được cấu hình để giảm thiểu thể tích dẫn nổ khi pin lithi-ion được nạp điện hoặc đang nạp điện; Hình 3A thể hiện vật liệu silic của mô hình "lòng đỏ trứng" bị xả điện; Hình 3B thể hiện vật liệu silic theo mô hình "lòng đỏ trứng" được nạp điện.

[0026] Các Hình 4A và 4B thể hiện các khía cạnh của hạt silic (vật liệu khối silic) được bao bọc bởi graphen và/ hoặc polyme cho anốt của pin lithi-ion, theo các phương án của sáng chế khi bị xả điện và khi được nạp điện, tương ứng;

[0027] Hình 5 thể hiện sơ đồ của cấu hình lõi-vỏ của oxit kim loại lithi với niken gradien từ phần lõi tới bề mặt ngoài của phần vỏ; và

[0028] Hình 6 thể hiện lưu đồ của phương pháp chế tạo pin lithi-ion, theo các phương án của sáng chế.

MÔ TẢ CHI TIẾT SÁNG CHẾ

[0029] Các pin lithi-ion được sử dụng trong nhiều loại thiết bị và các xe điện do năng lượng và mật độ công suất cao mà các pin lithi-ion cung cấp. Vì hiệu suất và công suất đầu ra cho các thiết bị này và các xe điện liên tục cải thiện, nhu cầu về các pin có mật độ năng lượng cao hơn đang tăng lên nhanh chóng. Tuy nhiên, một số vấn đề, gồm dung lượng thấp của anốt và tốc độ nạp điện bị hạn chế, đã trở thành các nút nghẽn trong quá trình phát triển của các pin lithi-ion cải tiến.

[0030] Graphit, là vật liệu thường được sử dụng nhất cho anốt được tìm thấy trong các pin lithi-ion sẵn có hiện tại, có dung lượng tương đối thấp trên đơn vị thể tích và/ hoặc trên đơn vị khối lượng, điều này hạn chế khả năng tăng công suất nguồn trong một không gian bị hạn chế của các tế bào pin. Trong vài năm gần đây, silic, thể hiện khoảng gấp năm lần đến mười lần dung lượng trên đơn vị thể tích và/ hoặc trên đơn vị khối lượng của graphit, đã được sử dụng là chất phụ gia cho graphit để cải thiện dung lượng của anốt trong các pin lithi ion. Tuy nhiên, silic trong các pin lithi-ion sẵn có hiện tại này dẫn nỡ đáng kể khi các pin được nạp điện, dẫn đến nhu cầu thể tích bổ sung trong các pin lithi-ion và tạo thành các lo ngại về an toàn do sự dẫn nỡ silic trong các pin. Sáng chế hiện tại cung cấp giải pháp cho ít nhất một số vấn đề đã mô tả ở trên liên quan đến các pin lithi-ion sẵn có hiện tại. Giải pháp được bộc lộ được tiên đề trên pin lithi-ion bao gồm anốt chứa nhiều hơn 30% khối lượng, tốt hơn nhiều hơn 40% khối lượng và cao tới 85% khối lượng silic được cấu hình để thể hiện sự dẫn nỡ thể tích bị hạn chế hoặc không đáng kể khi trong khi nạp điện, do đó giảm thiểu các lo ngại về an toàn và giảm nhu cầu cho diện tích bổ sung để đáp ứng sự dẫn nỡ silic trong các pin lithi-ion.

[0031] Các khía cạnh này và các khía cạnh không hạn chế khác của sáng chế được thảo luận chi tiết hơn trong các phần tiếp theo.

A. Pin lithi-ion

[0032] Trong các phương án của sáng chế, pin lithi-ion bao gồm anốt, catốt, và chất điện phân. Pin lithi ion có thể có đáng kể mật độ năng lượng được cải thiện so sánh với các pin lithi-ion thông thường. Với tham chiếu đến Hình 1, sơ đồ được thể hiện cho pin lithi-ion 100.

[0033] Theo các phương án của sáng chế, pin lithi-ion 100 bao gồm anốt 101. Anốt 101 có thể bao gồm lớp hoạt tính anốt 102 chứa vật liệu gốc silic. Các ví dụ không giới hạn của vật liệu gốc silic có thể bao gồm silic, và oxit silic (SiO_x). Trong một số trường hợp, anốt 101 bao gồm nhiều hơn 30% khối lượng của vật liệu gốc silic. Trong một số trường hợp, anốt 101 có thể bao gồm 30 đến 85% khối lượng của vật liệu gốc silic, và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 30 đến 35% khối lượng, 35 đến 40% khối lượng, 40 đến 45% khối lượng, 45 đến 50% khối lượng, 50 đến 55% khối lượng, 55 đến 60% khối lượng, 60 đến 65% khối lượng, 65 đến 70% khối lượng, 70 đến 75% khối lượng, 75 đến 80% khối lượng, và 80 đến 85% khối lượng.

Trong một số khía cạnh khác, anốt 101 có thể bao gồm 75 đến 85% khối lượng của vật liệu gốc silic. Vật liệu gốc silic của anốt 101 có thể được cấu hình để dẫn nổ ít hơn 50% thể tích khi pin lithi-ion 100 đang nạp điện hoặc được nạp điện. Trong một số khía cạnh, anốt 101 gồm silic có thể dẫn nổ tới 50 đến 100% thể tích trong toàn bộ quá trình nạp điện, tùy thuộc vào (các) loại vật liệu silic được sử dụng trong anốt 101. Trong các phương án của sáng chế, anốt 101 bao gồm từ 30 đến 85% khối lượng của vật liệu gốc silic có thể được cấu hình để có dung lượng anốt lên tới 10 lần so sánh với anốt graphit không bao gồm silic, và lên tới 5 lần dung lượng anốt so sánh với anốt graphit có nồng độ silic 30% khối lượng. Trong một số trường hợp, anốt 101 với 30% khối lượng silic có thể có dung lượng lên tới 700 mAh/g và anốt 101 với 85% khối lượng silic có thể có dung lượng 3400 mAh/g, cao hơn 10 lần so với dung lượng của graphit.

[0034] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic của anốt 101 có thể bao gồm các dây nano silic (như thể hiện trong Hình 2), silic được bao bọc trong cacbon (như thể hiện trong các Hình 4A và 4B), hỗn hợp silic và graphen, hỗn hợp silic và polyme đàn hồi, oxit silic, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Các dây nano silic của anốt 101 có thể còn bao gồm chất phụ gia được lắng đọng trên đó. Các ví dụ không giới hạn của chất phụ gia có thể bao gồm thiếc, germani, sắt, nhôm, magie, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Tác nhân thụ động có thể ở dạng các hạt nano. Trong một số khía cạnh, các dây nano silic có thể có đường kính trung bình trong khoảng từ 100 đến 1000 nm và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó. Trong một số trường hợp, các dây nano silic của anốt 101 có thể được chế tạo thông qua sự khắc, lắng đọng hơi hóa học, lắng đọng hơi vật lý, kết tủa, và/ hoặc tan mòn.

[0035] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic của anốt 101 có thể được cấu hình trong cấu hình "lòng đỏ trứng" theo mô hình "lòng đỏ trứng" như thể hiện trong các Hình 3A và 3B. Như thể hiện trong Hình 3A, vật liệu gốc silic có cấu hình "lòng đỏ trứng" có thể có khoang rỗng trong phần bên trong của chúng. Khi pin lithi-ion 100 được nạp điện, khoang rỗng có thể co lại để đáp ứng sự dẫn nổ của silic trong khi giữ thể tích tổng thể về cơ bản không bị thay đổi (ví dụ, đường kính tổng thể R_1 của silic có thể về cơ bản giống như khi nó được nạp điện và bị xả điện, như thể hiện trong các Hình 3A và 3B). Khi pin lithi-ion 100 bị xả điện, sự dẫn nổ của silic có thể về cơ bản có thể bị đảo ngược và khoang rỗng có thể phục hồi về cơ bản về kích thước ban đầu của nó.

[0036] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic của anốt 101 có thể bao gồm silic được bao bọc trong cacbon và silic được bao bọc trong cacbon có thể bao gồm các hạt silic (vật liệu khối silic) với đường kính trung bình từ 0,5 đến 10 μm và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 0,5 đến 1 μm , 1 đến 1,5 μm , 1,5 đến 2,0 μm , 2,0 đến 2,5 μm , 2,5 đến 3,0 μm , 3,0 đến 3,5 μm , 3,5 đến 4,0 μm , 4,0 đến 4,5 μm , 4,5 đến 5,5 μm , 5,5 đến 5,5 μm , 5,5 đến 6,0 μm , 6,0 đến 6,5 μm , 6,5 đến 7,0 μm , 7,0 đến 7,5 μm , 7,5 đến 8,0 μm , 8,0 đến 8,5 μm , 8,5 đến 9,0 μm , 9,0 đến 9,5 μm , 9,5 đến 10 μm . Silic được bao bọc trong cacbon có thể có tỷ lệ khối lượng tổng thể silic trên cacbon trong khoảng từ 0,1 đến 4 và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 0,1 đến 0,4, 0,4 đến 0,8, 0,8 đến 1,2, 1,2 đến 1,6, 1,6 đến 2,0, 2,0 đến 2,4, 2,4 đến 2,8, 2,8 đến 3,2, 3,2 đến 3,6 và 3,6 đến 4,0. Cacbon bao bọc silic có thể bao gồm graphit, graphen, tro cacbon, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Trong các phương án của sáng chế, silic được bao bọc trong cacbon được chế tạo thông qua sự khắc, lắng đọng hơi hóa học (CVD), lắng đọng hơi vật lý (PVD), kết tủa, và tan mòn. Như thể hiện trong các Hình 4A và 4B, khi pin lithi-ion 100 được nạp điện, lớp bao bọc graphen và/ hoặc polyme có thể được cấu hình để hạn chế sự dẫn nổ của silic, dẫn đến sự dẫn nổ silic bị giảm thiểu trong pin lithi-ion 100. Khi pin lithi-ion 100 bị xả điện, các hạt silic và lớp bao bọc graphen và/ hoặc polyme có thể phục hồi về cơ bản về kích thước ban đầu của chúng.

[0037] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic của anốt 101 có thể bao gồm hỗn hợp silic-graphen, và hỗn hợp silic-graphen có thể có tỷ lệ khối lượng silic trên graphen trong khoảng từ 0,1 đến 4 và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 0,1 đến 0,4, 0,4 đến 0,7, 0,7 đến 1, 1 đến 1,3, 1,3 đến 1,6, 1,6 đến 1,9, 1,9 đến 2,2, 2,2 đến 2,5, 2,5 đến 2,8, 2,8 đến 3,1, 3,1 đến 3,4, 3,4 đến 3,7 và 3,7 đến 4,0. Trong một số trường hợp, hỗn hợp silic-graphen có thể có kích thước hạt trung bình từ 0,5 đến 10 μm và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 0,5 đến 1,0 μm , 1,0 đến 2,0 μm , 2,0 đến 3,0 μm , 3,0 đến 4,0 μm , 4,0 đến 5,0 μm , 5,0 đến 6,0 μm , 6,0 đến 7,0 μm , 7,0 đến 8,0 μm , 8,0 đến 9,0 μm và 9,0 đến 10 μm . Các hạt silic của hỗn hợp silic-graphen có thể đơn phương thức hoặc hai phương thức trong tự nhiên. Các hạt silic của hỗn hợp silic-graphen có thể hình cầu, hình elipxoit, hình trụ, trục giao, hoặc các tổ hợp của chúng.

[0038] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic của anốt 101 có thể bao gồm hỗn hợp silic và polyme đàn hồi có tỷ lệ khối lượng silic trên polyme trong khoảng từ 0,5 đến 6 và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 0,5 đến 1, 1 đến 1,5, 1,5 đến 2,0, 2,0 đến 2,5, 2,5 đến 3,0, 3,0 đến 3,5, 3,5 đến 4,0, 4,0 đến 4,5, 4,5 đến 5,0, 5,0 đến 5,5 và 5,5 đến 6,0. Các ví dụ không giới hạn của polyme đàn hồi có thể bao gồm axit polyacrylic, cacboxymetyl xenluloza, và các tổ hợp của chúng. Trong một số trường hợp, hỗn hợp silic và polyme đàn hồi ở dạng bột với các hạt hình cầu và/ hoặc elipxoit. Trong các phương án của sáng chế, hỗn hợp silic và polyme đàn hồi được chế tạo thông qua kết tủa, trộn, nung, và/ hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Trong các phương án của sáng chế, sự bao bọc của các hạt silic có thể không thay đổi hình dạng của các hạt nano silic.

[0039] Trong các phương án của sáng chế, lớp hoạt tính anốt 102 còn bao gồm vật liệu gốc cacbon. Vật liệu gốc cacbon có thể được trộn với vật liệu gốc silic và/ hoặc được phủ lên vật liệu gốc silic. Vật liệu có gốc cacbon được cấu hình để ngăn sự dẫn nơ và/ hoặc cải thiện độ dẫn điện của vật liệu gốc silic. Các ví dụ không giới hạn của vật liệu gốc cacbon có thể bao gồm graphit, graphen, tro cacbon, và các tổ hợp của chúng. Trong một số trường hợp, vật liệu gốc cacbon có thể được phủ trên silic thông qua kết tủa, trộn, nung, CVD, PVD, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Trong một số trường hợp, lớp phủ vật liệu gốc cacbon trên vật liệu gốc silic có thể có độ dày trong khoảng từ 5 đến 1000 nm và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 5 đến 10 nm, 10 đến 20 nm, 20 đến 30 nm, 30 đến 40 nm, 40 đến 50 nm, 50 đến 60 nm, 60 đến 70 nm, 70 đến 80 nm, 80 đến 90 nm, 90 đến 100 nm, 100 đến 200 nm, 200 đến 300 nm, 300 đến 400 nm, 400 đến 500 nm, 500 đến 600 nm, 600 đến 700 nm, 700 đến 800 nm, 800 đến 900 nm và 900 đến 1000 nm. Trong các phương án của sáng chế, vật liệu gốc silic trong anốt 101 còn được trộn thêm với vật liệu thứ cấp. Các ví dụ không giới hạn của vật liệu thứ cấp có thể bao gồm thiếc, antimon, germani, và các tổ hợp của chúng. Vật liệu thứ cấp có thể được trộn với silic với tỷ lệ khối lượng silic trên vật liệu thứ cấp từ 1:100 đến 100:1 và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó.

[0040] Trong các phương án của sáng chế, anốt 101 bao gồm lớp kim loại thứ nhất 103. Lớp kim loại thứ nhất 103 có thể bao gồm tám kim loại và/ hoặc lá kim loại. Trong một số trường hợp, lớp kim loại thứ nhất 103 bao gồm đồng. Trong các phương án của sáng chế, lớp hoạt tính anốt 102 bao gồm vật liệu gốc silic và/ hoặc vật liệu gốc cacbon

được phủ trên một hoặc cả hai bề mặt của lớp kim loại thứ nhất 103. Trong một số khía cạnh, lớp hoạt tính anốt 102 được phủ trên lớp kim loại thứ nhất 103. Độ dày của lớp hoạt tính anốt 102 có thể được xác định dựa trên dung lượng mục tiêu cho anốt 101. Trong một số trường hợp, độ dày của lớp hoạt tính 102 anốt trên lớp kim loại thứ nhất 103 có thể nằm trong khoảng từ 10 đến 50 μm và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 10 đến 12 μm , 12 đến 14 μm , 14 đến 16 μm , 16 đến 18 μm , 18 đến 20 μm , 20 đến 22 μm , 22 đến 24 μm , 24 đến 26 μm , 26 đến 28 μm , 28 đến 30 μm , 30 đến 32 μm , 32 đến 34 μm , 34 đến 36 μm , 36 đến 38 μm , 38 đến 40 μm , 40 đến 42 μm , 42 đến 44 μm , 44 đến 46 μm , 46 đến 48 μm và 48 đến 50 μm . Trong một số khía cạnh, lớp hoạt tính anốt 102 được phủ trên lớp kim loại thứ nhất 103 thông qua quá trình xử lý của lưỡi dao cạo, máy mài rãnh, máy phủ chấm phẩy, hoặc bất kỳ các tổ hợp của chúng.

[0041] Theo các phương án của sáng chế, pin lithi-ion 100 bao gồm catốt 110. Catốt 110, trong các phương án của sáng chế, bao gồm lớp hoạt tính catốt 112 bao gồm oxit kim loại lithi. Trong một số khía cạnh, oxit kim loại lithi của catốt 110 có thể có công thức là $\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{A}_y\text{B}_z\text{O}_2$ trong đó $a \geq 1$, $x \geq 0,5$, $y + z = 1 - x$. Các ví dụ không giới hạn cho A có thể bao gồm mangan (Mn), coban (Co), nhôm (Al), và các tổ hợp của chúng. Các ví dụ không giới hạn cho B có thể bao gồm coban (Co), mangan (Mn), nhôm (Al), và các tổ hợp của chúng. Trong một số trường hợp, tỷ lệ của x:y:z có thể là 6:2:2, 8:1:1, hoặc 9:0,5:0,5. Cần lưu ý rằng tỷ lệ của x:y:z không bị hạn chế trong ba ví dụ nêu trên, chúng được cung cấp cho các mục đích minh họa, thay vì bằng cách hạn chế. Trong một số trường hợp, catốt 110 bao gồm lithi, niken, mangan, oxit coban, hoặc lithi, niken, coban, oxit nhôm. Trong một số trường hợp khác, catốt 110 bao gồm oxit niken lithi, hoặc oxit mangan lithi.

[0042] Trong một số khía cạnh, oxit kim loại lithi của catốt 110 có cấu trúc gradien lõi-vỏ với nồng độ của Ni tăng từ vỏ ngoài tới lõi của cấu trúc gradien lõi-vỏ, như thể hiện trong Hình 5. Trong một số trường hợp, như thể hiện trong Hình 5, phần lõi của cấu trúc lõi-vỏ của oxit kim loại lithi của catốt 110 có thể bao gồm lên tới 80% khối lượng Ni, và nồng độ Ni của phần vỏ có thể giảm từ lên tới khoảng 80% khối lượng trong lớp bên trong của phần vỏ lên tới 33% khối lượng trong lớp bên ngoài của phần vỏ. Cấu trúc gradien lõi-vỏ của oxit kim loại lithi có thể được chế tạo thông qua quá trình đồng kết tủa. Trong một số khía cạnh, oxit kim loại lithi có thể bao gồm các chất

phụ gia hoặc lớp phủ bề mặt. Các ví dụ không giới hạn đối với các chất phụ gia hoặc lớp phủ bề mặt có thể bao gồm cacbon, ziricon, nhôm, germani, và các tổ hợp của chúng.

[0043] Trong các phương án của sáng chế, catôt 110 bao gồm lớp kim loại thứ hai 113 và lớp hoạt tính catôt 112 được phủ trên một hoặc cả hai mặt của lớp kim loại thứ hai 113 (Cần lưu ý rằng lớp kim loại thứ hai 113 đề cập đến lớp kim loại được sử dụng trong catôt 110, với thuật ngữ "thứ hai" được sử dụng để phân biệt lớp kim loại 113 của catôt với lớp kim loại thứ nhất của anôt. Do đó thuật ngữ "thứ hai" không nên được hiểu là yêu cầu catôt 110 bao gồm hai lớp kim loại). Trong một số khía cạnh, lớp kim loại thứ hai 113 bao gồm nhôm. Lớp tích cực 112 catôt có thể được phủ trên lớp kim loại thứ hai 113 với độ dày từ 20 đến 100 micron (trên mỗi mặt của lớp kim loại thứ hai 113) và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó. Lớp tích cực 112 catôt có thể được phủ trên lớp kim loại thứ hai 113 thông qua máy phủ chấm phẩy, máy mài rãnh, hoặc lưỡi dao cạo.

[0044] Theo các phương án của sáng chế, pin lithi-ion 100 bao gồm chất điện phân được bố trí giữa anôt 101 và catôt 110. Chất điện phân có thể chất điện phân không cháy. Trong một số khía cạnh, chất điện phân không cháy bao gồm chất lỏng ion. Chất lỏng ion có thể protic hoặc aprotic. Chất lỏng ion bao gồm cation và anion. Các ví dụ không giới hạn của cation có thể bao gồm imidazolium, pyridinium, pyrrolidinium, piperidinium, và các tổ hợp của chúng. Các ví dụ không giới hạn của anion có thể bao gồm bromua, clorua, iodua, photphat, BF_4^- , PF_6^- , TFSI^- , FSI^- , và các tổ hợp của chúng.

[0045] Trong các phương án của sáng chế, để phản ứng với nhiệt độ tăng, các hợp chất ion nhất định trở thành chất lỏng là kết quả của quá trình hoạt hóa nhiệt. Muối trong trạng thái này thường được ký hiệu là "muối nóng chảy" một số trong số đó vẫn ở dạng chất lỏng tại nhiệt độ môi trường xung quanh thậm chí ở nhiệt độ rất thấp. Trong một số khía cạnh, các muối nóng chảy này được gọi là "chất lỏng ion ở nhiệt độ môi trường xung quanh" hoặc "chất lỏng ion". Chất lỏng ion của chất điện phân được cấu hình để cải thiện độ ổn định nhiệt và làm giảm thiểu các vấn đề về an toàn gồm, nhưng không giới hạn ở, đoản mạch, quá tải, dập tắt dẫn đến cháy hoặc nổ.

[0046] Theo các phương án của sáng chế, pin lithi-ion 100 còn bao gồm bộ phân tách 120 được bố trí giữa anôt 101 và catôt 110, và được cấu hình để ngăn tiếp xúc giữa khoảng anôt 101 và catôt 110. Bộ phân tách 120 có thể bao gồm polyetylen (PE), và/

hoặc polypropylen (PP). Bộ phân tách 120 có thể được bao phủ bằng gốm sứ gồm oxit nhôm, và/ hoặc oxit ziricon được cấu hình để cải thiện độ bền cơ học của chúng. Theo các phương án của sáng chế, pin lithi-ion 100 bao gồm vỏ 121 được cấu hình để bao bọc anốt 101, catốt 110, bộ phân tách 120, và chất điện phân. Trong một số khía cạnh, vỏ 121 có thể bao gồm polyetylen được bao phủ nhôm, niken được bao phủ thép, nhôm, thép, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng.

[0047] Trong các phương án của sáng chế, so sánh với mật độ năng lượng cao nhất từ 550 đến 600 Wh/L đạt được bằng các pin lithi-ion sẵn có hiện tại, pin lithi-ion 100 được cấu hình để có mật độ năng lượng trong khoảng từ 750 đến 900 Wh/L và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 750 đến 760 Wh/L, 760 đến 770 Wh/L, 770 đến 780 Wh/L, 780 đến 790 Wh/L, 790 đến 800 Wh/L, 800 đến 810 Wh/L, 810 đến 820 Wh/L, 820 đến 830 Wh/L, 830 đến 840 Wh/L, 840 đến 850 Wh/L, 850 đến 860 Wh/L, 860 đến 870 Wh/L, 870 đến 880 Wh/L, 880 đến 890 Wh/L và 890 đến 900 Wh/L. Đối với năng lượng trên kg, pin lithi-ion 100 được cấu hình để có mật độ năng lượng từ 250 đến 450 Wh/kg và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 250 đến 260 Wh/kg, 260 đến 270 Wh/kg, 270 đến 280 Wh/kg, 280 đến 290 Wh/kg, 290 đến 300 Wh/kg, 300 đến 310 Wh/kg, 310 đến 320 Wh/kg, 320 đến 330 Wh/kg, 330 đến 340 Wh/kg, 340 đến 350 Wh/kg, 350 đến 360 Wh/kg, 360 đến 370 Wh/kg, 370 đến 380 Wh/kg và 380 đến 390 Wh/kg, 390 đến 400 Wh/kg, 400 đến 410 Wh/kg, 410 đến 420 Wh/kg, 420 đến 430 Wh/kg, 430 đến 440 Wh/kg và 440 đến 450 Wh/kg.

[0048] Trong các phương án của sáng chế, pin lithi-ion 100 có thể có tỷ lệ N:P (tức là tỷ lệ dung lượng điện cực âm (anốt 101) trên dung lượng điện cực dương (catốt 110)) trong khoảng từ 1,2 đến 4 và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các khoảng từ 1,2 đến 1,6, 1,6 đến 2,0, 2,0 đến 2,4, 2,4 đến 2,8, 2,8 đến 3,2, 3,2 đến 3,6 và 3,6 đến 4,0. Tỷ lệ N:P cao được cấu hình để hỗ trợ việc nạp điện nhanh của pin lithi-ion 100. Trong một số khía cạnh, việc nạp điện nhanh của pin lithi-ion được tiến hành ở tốc độ 4 đến 10 C, tương ứng với 15 đến 6 phút để nạp điện, tương ứng và nhanh hơn tới 5 lần so với các pin sẵn có hiện tại (ví dụ, các pin 21700 sẵn có hiện tại). Trong một số khía cạnh, tỷ lệ N:P cao của pin lithi-ion còn được cấu hình để hỗ trợ việc nạp điện của pin lithi-ion 100 ở khoảng nhiệt độ thấp từ -20 đến 0°C với 50% tốc độ nạp điện tại 25°C.

[0049] Mặc dù Hình 1 thể hiện pin lithi-ion trong định dạng tế bào hình trụ, cần được lưu ý rằng pin lithi-ion 100 có thể có nhiều cấu hình tế bào gồm, nhưng không giới hạn ở, tế bào hình trụ, tế bào lăng trụ, và tế bào túi. Trong một số trường hợp, pin lithi-ion 100 có thể được cấu hình trong định dạng 21700 tế bào hình trụ, có đường kính khoảng 21 mm và chiều dài khoảng 70 mm. Trong một số khía cạnh, pin lithi-ion 100 trong định dạng 21700 tế bào hình trụ có thể có dung lượng công suất là 6 Ah. Giới hạn cao hơn của dung lượng công suất cho hiện tại có sẵn định dạng 21700 tế bào là 4 Ah, và nó yêu cầu khối lượng công việc nghiên cứu đáng kể để 21700 tế bào có sẵn hiện tại đạt được dung lượng công suất 5 Ah. Do đó, pin lithi-ion 100 của sáng chế cung cấp thành tựu kỹ thuật đáng kể so với các pin lithi-ion sẵn có hiện tại.

[0050] Pin lithi-ion 100 trong định dạng 21700 tế bào hình trụ 21700 có thể có điện trở nội dòng điện xoay chiều (ACIR) nhỏ hơn 15 mOhm, và điện trở nội dòng điện một chiều (DCIR) nhỏ hơn 25 mOhm. Trong một số khía cạnh, 21700 tế bào hình trụ của pin lithi-ion 100 có dung lượng công suất 6 Ah có khả năng tốc độ xả điện lên tới khoảng 30 A công suất liên tục và khả năng công suất phát xung là 100 A trong 2 giây. Điều này thể hiện sự cải thiện đáng kể so với các pin lithi-ion 21700 sẵn có hiện tại, có khả năng tốt nhất cung cấp được 3 A công suất liên tục và công suất phát xung 8 A trong 2 giây.

[0051] Trong một số trường hợp, pin lithi-ion 100 có thể được cấu hình trong định dạng 18650 tế bào hình trụ, có đường kính khoảng 18 mm và chiều dài khoảng 65 mm. Pin lithi-ion với định dạng 18650 tế bào hình trụ có thể có ACIR nhỏ hơn 20 mOhm, và DCIR nhỏ hơn 30 mOhm. Mặc dù các đặc điểm của pin lithi-ion 100 trong các định dạng 21700 và 18650 tế bào đã được mô tả, cần được lưu ý rằng các phương án cũng có thể được thực hiện trong định dạng tế bào khác để cung cấp các cải tiến tương tự mặc dù các giá trị số cụ thể của tốc độ xả điện liên tục, tốc độ xả điện xung, dung lượng công suất (Ah), DCIR, và/ hoặc ACIR có thể thay đổi tùy thuộc vào định dạng tế bào cụ thể. Trong một số khía cạnh, 18650 tế bào hình trụ của pin lithi-ion 100 có dung lượng công suất 4 Ah có khả năng tốc độ xả điện lên tới 5 C liên tục mà không chạm đến giới hạn cắt điện áp hoặc nhiệt độ và công suất xung phát lên tới 16 C vẫn chưa chạm giới hạn cắt điện áp hoặc nhiệt độ nào.

[0052] Trong một số khía cạnh, pin lithi-ion 100 được cấu hình để được sử dụng trong công cụ điện. Các ví dụ không giới hạn của công cụ điện có thể bao gồm máy

khoan, máy cưa, máy xén cỏ, máy thổi, và máy mài. Cần lưu ý rằng việc sử dụng của pin lithi-ion 100 không quá bị hạn chế. Các pin được cấu hình để cung cấp công suất lớn và mật độ năng lượng cao phù hợp với khái niệm ở đây có thể, ví dụ như, được sử dụng để cung cấp nguồn trong các thiết bị như các thiết bị thông minh cầm tay, các thiết bị tính toán cầm tay, các xe điện, các nguồn điện dự phòng/cung cấp liên tục, v.v.. Trong các phương án của sáng chế, pin lithi-ion 100 đáp ứng các tiêu chuẩn an toàn cần thiết để được sử dụng trong các thiết bị nói trên. Các ví dụ không giới hạn của các tiêu chuẩn an toàn có thể bao gồm UN/DOT 38.3, Phiên bản thứ 5, Bản sửa đổi 1-*Recommendations on the Transport of Dangerous Goods*, IEC 62133-2:2017-*Safety requirements for portable sealed secondary lithium cells, and for batteries made from them, for use in portable applications – Part 2: lithi systems*, và UL 2054 Phiên bản thứ 2 – *Household and Commercial Batteries*.

B. Phương pháp chế tạo Pin lithi-ion

[0053] Trong các phương án của sáng chế, có cung cấp các phương pháp chế tạo pin lithi-ion 100 nói trên, có thể bao gồm anốt 101 có 30 đến 85% khối lượng vật liệu gốc silic. Theo các phương án của sáng chế, phương pháp 200 (như thể hiện trong Hình 6) để chế tạo pin lithi-ion 100 có thể bao gồm, như thể hiện trong khối 201, sản xuất vật liệu gốc silic của anốt 101 pin lithi-ion 100.

[0054] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic bao gồm các dây nano silic và bước chế tạo tại khối 201 bao gồm gia công các dây nano silic thông qua sự khắc, lắng đọng hơi hóa học, lắng đọng hơi vật lý, kết tủa, và/ hoặc tan mòn. Trong một số trường hợp, các bề mặt của các dây nano silic còn được chức năng hóa thêm với nhóm chức năng. Nhóm chức năng có thể bao gồm các nhóm oxit, nitrit, hoặc bất kỳ các tổ hợp của chúng. Các dây nano silic có thể còn bao gồm chất phụ gia như magie (Mg).

[0055] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic bao gồm silic được bao bọc trong cacbon và bước chế tạo tại khối 201 bao gồm phủ silic bằng cacbon thông qua nung nhiệt, lắng đọng hơi vật lý, lắng đọng hơi hóa học. Trong các phương án của sáng chế, silic cần được bao bọc ở khối 201 được chế tạo thông qua sự khắc, lắng đọng hơi hóa học, lắng đọng hơi vật lý, kết tủa, hoặc tan mòn.

[0056] Trong một số khía cạnh, vật liệu gốc silic bao gồm silic được trộn với polyme đàn hồi và bước chế tạo tại khối 201 bao gồm trộn polyme đàn hồi với vật liệu khối

silic để tạo thành hỗn hợp về cơ bản đồng nhất của silic và polyme đàn hồi. Trong một số trường hợp, polyme đàn hồi bao gồm sự khắc, lắng đọng hơi hóa học, lắng đọng hơi vật lý, kết tủa, tan mòn. hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng. Quá trình trộn có thể bao gồm trộn vật lý, và gia nhiệt.

[0057] Theo các phương án của sáng chế, như thể hiện trong khối 202, phương pháp 200 bao gồm sản xuất oxit kim loại lithi của catôt 110. Trong một số khía cạnh, việc chế tạo tại khối 202 có thể bao gồm phản ứng trạng thái rắn giữa oxit mangan, oxit niken, oxit coban và lithi cacbonat. Phản ứng trạng thái rắn để chế tạo oxit kim loại lithi có thể được tiến hành ở nhiệt độ từ 450 đến 800°C. Oxit kim loại lithi được chế tạo ra có thể ở dạng bột.

[0058] Theo các phương án của sáng chế, như thể hiện trong khối 203, phương pháp 200 bao gồm trộn vật liệu gốc silic và/ hoặc vật liệu gốc cacbon của anôt 101 với chất dẫn điện và chất kết dính để tạo thành hỗn hợp anôt. Như thể hiện trong khối 204, phương pháp 200 có thể bao gồm trộn oxit kim loại lithi với chất dẫn điện và chất kết dính để tạo thành hỗn hợp catôt. Hỗn hợp anôt và/ hoặc hỗn hợp catôt có thể trong dạng bùn. Trong một số khía cạnh, tại khối 203, hỗn hợp anôt được tạo ra với tỷ lệ khối lượng của vật liệu gốc silic trên chất dẫn điện và chất kết dính trong khoảng từ 0,8 đến 0,95. Trong một số khía cạnh, tại khối 204, hỗn hợp catôt được tạo ra với tỷ lệ khối lượng của oxit kim loại lithi trên chất dẫn điện và chất kết dính trong khoảng từ 0,88 đến 0,97. Trong các phương án của sáng chế, hỗn hợp anôt bao gồm không ít hơn 30% khối lượng silic. Các ví dụ không giới hạn của chất dẫn điện có thể bao gồm đen cacbon, đen axetylen, đen ketjan, Super P, các ống nano cacbon, và các tổ hợp của chúng. Các ví dụ không giới hạn của chất kết dính có thể bao gồm polyvinyliden florua (PVDF), carboxymetyl xenluloza/cao su styren-butadien (CMC/SBR), axit polyacrylic (PAA), và các tổ hợp của chúng.

[0059] Theo các phương án của sáng chế, như thể hiện trong khối 205, phương pháp 200 bao gồm phủ lớp hoạt tính anôt 102 lên lớp kim loại thứ nhất 103 sử dụng hỗn hợp anôt. Như thể hiện trong khối 206, phương pháp 200 có thể bao gồm việc phủ lớp hoạt tính catôt 112 lên lớp kim loại thứ hai 113 sử dụng hỗn hợp catôt. Trong một số khía cạnh, tại khối 205, bước phủ có thể bao gồm trải hỗn hợp anôt trên lớp kim loại thứ nhất 103. Tại khối 206, bước phủ có thể bao gồm trải hỗn hợp catôt trên lớp kim loại thứ hai 113. Bước phủ tại khối 205 có thể còn bao gồm nén hỗn hợp anôt trên lớp kim loại thứ

nhất 103. Tại khối 206, bước phủ có thể bao gồm nén hỗn hợp catôt lên trên lớp kim loại thứ hai 113 để điều chỉnh độ dày của chúng. Các bước phủ tại các khối 205 và 206 có thể còn bao gồm làm khô hỗn hợp anôt trên lớp kim loại thứ nhất 103 và làm khô hỗn hợp catôt trên lớp kim loại thứ hai 113 sau bước nén, tương ứng. Các bước phủ tại các khối 205 và 206 có thể còn bao gồm cắt hỗn hợp được làm khô anôt cùng với lớp kim loại thứ nhất 103 và cắt hỗn hợp được làm khô catôt cùng với lớp kim loại thứ hai 113 thành hình dạng và/ hoặc kích thước mong muốn, do đó hình thành anôt 101 và catôt 110, tương ứng. Anôt 101 được chế tạo tại khối 205 có thể bao gồm 30 đến 85% khối lượng silic, tốt hơn từ 40 đến 85% khối lượng silic và toàn bộ các khoảng và các giá trị ở giữa đó bao gồm các phạm vi từ 40 đến 45% khối lượng, 45 đến 50% khối lượng, 50 đến 55% khối lượng, 55 đến 60% khối lượng, 60 đến 65% khối lượng, 65 đến 70% khối lượng, 70 đến 75% khối lượng, 75 đến 80% khối lượng, và 80 đến 85% khối lượng.

[0060] Theo các phương án của sáng chế, như thể hiện trong khối 207, phương pháp 200 bao gồm lắp ráp anôt 101, catôt 110, bộ phân tách 120, trong vỏ 121 để tạo thành tế bào chưa hoàn thiện. Trong một số khía cạnh, bước lắp ráp tại khối 207 bao gồm ghép anôt 101, bộ phân tách 120, catôt 110 để tạo thành cấu trúc điện cực, nối anôt 101 và catôt 110 của cấu trúc điện cực vào các đầu nối tương ứng. Trong một số khía cạnh, các thiết bị an toàn và/ hoặc các lỗ thông hơi có thể được đấu nối và/ hoặc bố trí trên cấu trúc điện cực và/ hoặc các đầu nối để tạo thành cụm lắp ráp phụ. Việc lắp ráp tại khối 207 có thể bao gồm lắp cụm lắp ráp phụ vào vỏ 121, và bít kín vỏ 121. Trong một số khía cạnh, ít nhất một phần hở được để lại trên vỏ 121 sau khi nó được bít kín.

[0061] Theo các phương án của sáng chế, như thể hiện trong khối 208, phương pháp 200 bao gồm bổ sung chất điện phân vào vỏ được bít kín 121 để tạo thành pin lithi-ion 100. Trong một số khía cạnh, bước bổ sung chất điện phân tại khối 206 có thể bao gồm làm khô vỏ được bít kín 121 thu được từ khối 205 trong chân không, điền đầy chất điện phân vào trong vỏ được bít kín khô 121 thông qua ít nhất một phần hở trong chân không, và bít kín ít nhất một phần hở của vỏ 121 để tạo thành pin lithi-ion 100.

[0062] Mặc dù sáng chế và các ưu điểm của nó đã được mô tả chi tiết, cần hiểu rằng các thay đổi, biến đổi và thay thế khác nhau có thể được thực hiện ở đây mà không tách khỏi tinh thần và phạm vi của sáng chế như được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Hơn nữa, phạm vi của sáng chế không được dự tính bị giới hạn ở các phương án cụ thể về quy trình, máy móc, sản xuất, thành phần của chất, phương tiện, phương

pháp và các bước được mô tả trong bản mô tả. Vì người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ dễ dàng đánh giá từ sự bộc lộ của sáng chế, các quy trình, máy móc, sản xuất, thành phần của chất, phương tiện, các phương pháp, hoặc các bước, hiện có hoặc được phát triển sau đó mà thực hiện về cơ bản cùng chức năng hoặc đạt được về cơ bản cùng kết quả là các phương pháp tương ứng được mô tả ở đây có thể được sử dụng theo sáng chế. Do đó, các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo được dự tính để bao gồm trong phạm vi của chúng là các quy trình, máy móc, sản xuất, thành phần của chất, phương tiện, các phương pháp, hoặc các bước.

[0063] Hơn nữa, phạm vi của sáng chế không được dự tính bị giới hạn ở các phương án cụ thể về quy trình, máy móc, sản xuất, thành phần của chất, phương tiện, phương pháp và các bước được mô tả trong bản mô tả.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Pin lithi-ion (LiB) bao gồm:

anôt bao gồm 31 đến 85 % khối lượng vật liệu hoạt tính silic;

catôt bao gồm vật liệu hoạt tính oxit kim loại lithi; và

chất điện phân được bố trí giữa anôt và catôt, chất điện phân này gồm có chất lỏng ion mà bao gồm cation và anion;

trong đó pin lithi-ion được cấu hình để có mật độ năng lượng thể tích từ 800 đến 900 Wh/L và tỷ lệ N:P trong khoảng từ 2,0 đến 4,0, và trong đó tỷ lệ N:P biểu thị tỷ lệ dung lượng điện tích của anôt đến catôt.

2. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó tỷ lệ N:P trong khoảng từ 2,8 đến 4,0.

3. Pin lithi-ion theo điểm 2, trong đó tỷ lệ N:P trong khoảng từ 3,2 đến 4,0.

4. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó vật liệu hoạt tính silic của anôt bao gồm các dây nano silic được cấu hình để giảm thiểu sự giãn nở của silic trên anôt.

5. Pin lithi-ion theo điểm 4, trong đó các dây nano silic có đường kính trung bình trong khoảng từ 100 đến 1000 nm.

6. Pin lithi-ion theo điểm 4, trong đó vật liệu gốc silic của các dây nano silic bao gồm chất phụ gia gồm thiếc, germani, sắt, nhôm, magie, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng.

7. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó vật liệu hoạt tính silic của anôt bao gồm silic được bao bọc trong cacbon có tỷ lệ khối lượng silic trên cacbon trong khoảng từ 0,1 đến 4.

8. Pin lithi-ion theo điểm 7, trong đó silic được bao bọc trong cacbon có đường kính trung bình là 0,5 đến 10 μm .

9. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó vật liệu hoạt tính silic của anôt bao gồm silic và polyme đàn hồi, và trong đó polyme đàn hồi bao gồm axit polyacrylic, cacboxymetyl xenluloza, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng.

10. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó vật liệu hoạt tính silic của anôt bao gồm hỗn hợp silic-graphen, và trong đó hỗn hợp silic-graphen có tỷ lệ khối lượng silic trên graphene trong khoảng từ 0,5 đến 4.

11. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó vật liệu hoạt tính silic của anôt bao gồm vật liệu gốc cacbon được phủ trên silic của vật liệu hoạt tính silic, hoặc được trộn với silic của

vật liệu hoạt tính silic, trong đó vật liệu gốc cacbon bao gồm graphit, graphen, hoặc vật liệu gốc cacbon khác.

12. Pin lithi-ion theo điểm 11, trong đó vật liệu gốc cacbon phủ lên silic của vật liệu hoạt tính silic có độ dày trong khoảng từ 10 đến 30 μm .

13. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó:

vật liệu hoạt tính silic của anốt được trộn với vật liệu thứ cấp bao gồm thiếc, antimon, germani, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng; và

vật liệu thứ cấp được trộn với silic của vật liệu hoạt tính silic ở tỷ lệ khối lượng silic trên vật liệu thứ cấp trong khoảng từ 100:1 đến 1:100.

14. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó anốt được cấu hình để có dung lượng trên đơn vị thể tích trong khoảng 3400-4200 mAh/g.

15. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó vật liệu hoạt tính oxit kim loại lithi bao gồm niken.

16. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó chất điện phân bao gồm chất lỏng ion không cháy.

17. Pin lithi-ion theo điểm 16, trong đó cation gồm có imidazoli, pyridini, pyrrolidini, hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng, và anion gồm có bromua, clorua, iodua, photphat, BF_4^- , PF_6^- , TFSI^- , FSI^- , hoặc bất kỳ tổ hợp nào của chúng.

18. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó pin lithi-ion còn có mật độ năng lượng khối lượng trong khoảng từ 250 đến 450 Wh/kg.

19. Pin lithi-ion theo điểm 18, trong đó mật độ năng lượng khối lượng trong khoảng từ 440 đến 450 Wh/kg.

20. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó:

pin lithi-ion có định dạng hình trụ, định dạng lăng trụ, hoặc định dạng túi;

pin lithi-ion được cấu hình để có dung lượng 6 Ah ở định dạng 21700 tế bào hình trụ; hoặc

pin lithi-ion được cấu hình để cung cấp năng lượng cho các công cụ điện.

21. Pin lithi-ion theo điểm 20, trong đó pin lithi-ion ở định dạng 21700 tế bào dung lượng 6 Ah được cấu hình để có khả năng tốc độ xả điện là khoảng 30 A liên tục và khả năng công suất phát xung là 100 A trong 2 giây.

22. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó vật liệu hoạt tính silic của anốt bao gồm các dây nano silic, silic được bao bọc trong cacbon, hỗn hợp silic-graphen, và hỗn hợp silic và polyme đàn hồi được cấu hình để giảm thiểu sự giãn nở của silic trên anốt.

23. Pin lithi-ion theo điểm 1, trong đó:

vật liệu hoạt tính silic bao gồm vật liệu gốc silic được tạo thành để bao gồm phần khoang rỗng bên trong được bao quanh bởi vật liệu gốc silic sao cho:

khi pin lithi-ion ở trạng thái xả điện, thì phần khoang rỗng bên trong có thể tích thứ nhất và vật liệu gốc silic mà bao quanh phần khoang rỗng bên trong có đường kính thứ nhất; và

khi pin lithi-ion ở trạng thái nạp điện, thì phần khoang rỗng bên trong có thể tích thứ hai và vật liệu gốc silic mà bao quanh phần khoang rỗng bên trong có đường kính thứ hai;

thể tích thứ nhất lớn hơn thể tích thứ hai; và

đường kính thứ nhất và đường kính thứ hai về cơ bản giống nhau.

24. Pin lithi-ion bao gồm:

anốt bao gồm 31 đến 85 % khối lượng vật liệu hoạt tính silic;

catốt bao gồm vật liệu hoạt tính oxit kim loại lithi, trong đó vật liệu hoạt tính oxit kim loại lithi bao gồm niken, và trong đó vật liệu hoạt tính oxit kim loại lithi có công thức là $\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{A}_y\text{B}_z\text{O}_2$ trong đó $a \geq 1$, $x \geq 0,5$, $y+z=1-x$, trong đó A được lựa chọn từ nhóm bao gồm Mn, Co, Ni, Al, và các tổ hợp của chúng, và B được lựa chọn từ nhóm bao gồm Co, Mn, Ni, Al, và các tổ hợp của chúng; và

chất điện phân được bố trí giữa anốt và catốt, trong đó chất điện phân là không cháy và gồm có chất lỏng ion;

trong đó pin lithi-ion được cấu hình để có mật độ năng lượng thể tích từ 800 đến 900 Wh/L.

25. Pin lithi-ion theo điểm 24, trong đó tỉ lệ x:y:z được lựa chọn từ nhóm bao gồm 6:2:2, 8:1:1, và 9:0,5:0,5.

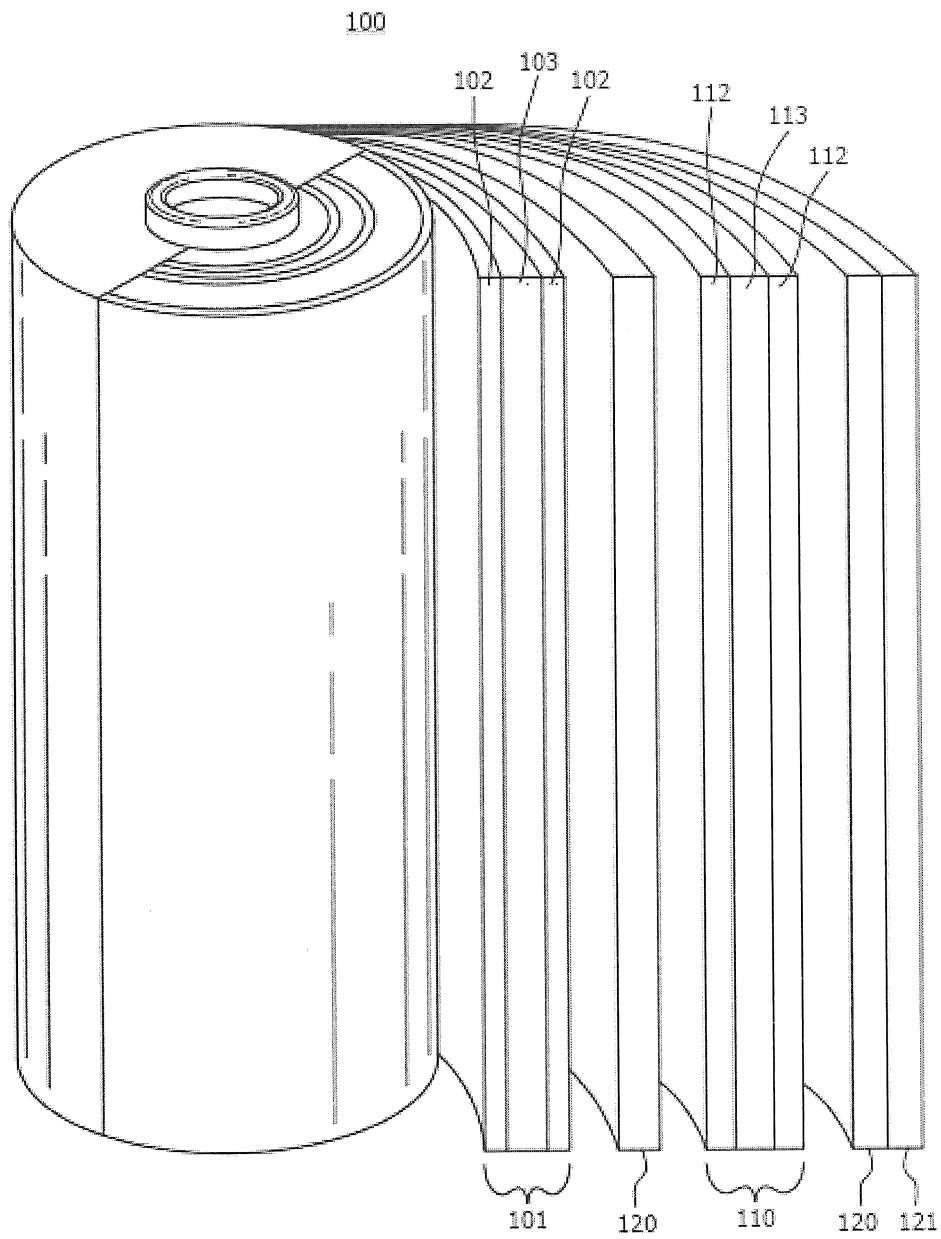
26. Pin lithi-ion bao gồm:

anốt bao gồm 31 đến 85 % khối lượng vật liệu hoạt tính silic;

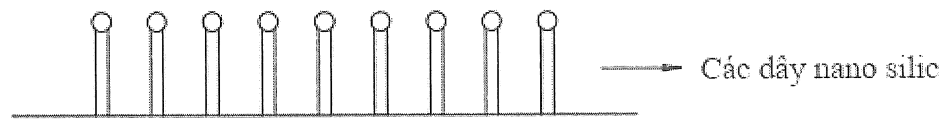
catôt bao gồm vật liệu hoạt tính oxit kim loại lithi, trong đó vật liệu hoạt tính oxit kim loại lithi của catôt có cấu trúc gradien lõi-vỏ với nồng độ của Ni tăng từ vỏ ngoài tới lõi của cấu trúc gradien lõi-vỏ; và

chất điện phân được bố trí giữa anôt và catôt, trong đó chất điện phân là không cháy và gồm có chất lỏng ion;

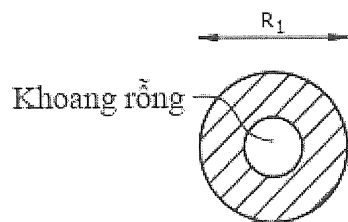
trong đó pin lithi-ion được cấu hình để có mật độ năng lượng thể tích từ 800 đến 900 Wh/L.



HÌNH 1

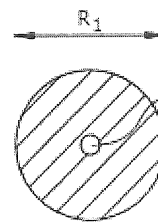


HÌNH 2



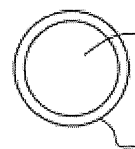
Mô hình "lòng đỏ trứng"
silic bị xả điện

HÌNH 3A



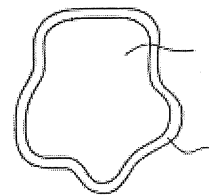
Mô hình "lòng đỏ trứng"
silic được nạp điện

HÌNH 3B



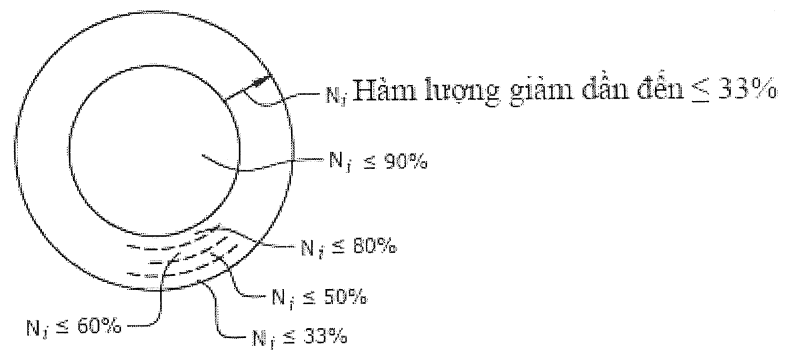
Vật liệu
khối silic
Việc bao bọc
Polyme/Graphen

HÌNH 4A

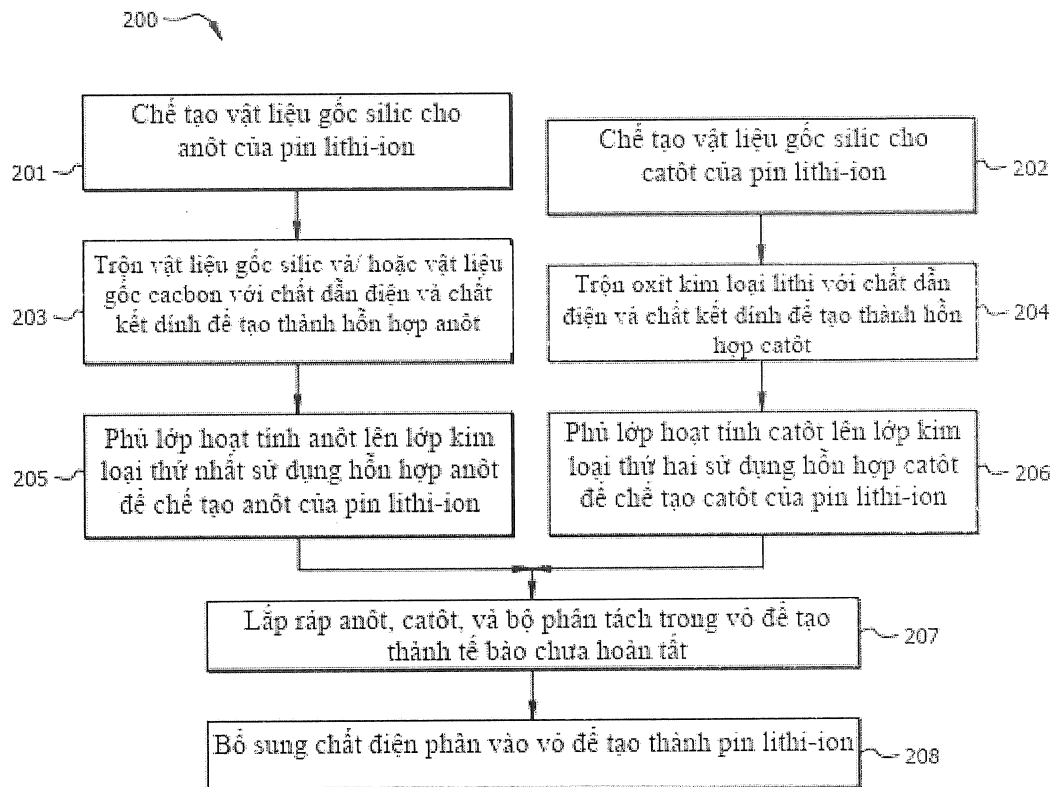


Vật liệu
khối silic
Việc bao bọc
Polyme/Graphen

HÌNH 4B



HÌNH 5



HÌNH 6