

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 010 832**

②1 N° d'enregistrement national : **13 02149**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 M 10/04 (2013.01), H 01 M 10/0525, 2/02, 10/0585**

⑫

**DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 16.09.13.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 20.03.15 Bulletin 15/12.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES — FR.

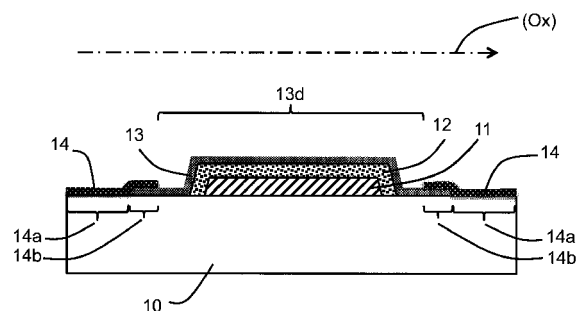
⑦2 Inventeur(s) : OUKASSI SAMI, SALOT RAPHAEL et MARTIN STEVE.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET HECKE Société anonyme.

⑤4 PROCEDE DE REALISATION D'UNE MICROBATTERIE AU LITHIUM.

⑤7 Le procédé de réalisation d'une microbatterie au lithium prévoit l'utilisation d'un substrat (10) recouvert successivement par: une cathode (11), un électrolyte (12) solide, et une première couche (13) électriquement conductrice à base d'un matériau configuré pour s'allier avec les atomes de lithium. La première couche (13) est dépourvue de contact avec la cathode (11). Le procédé comporte en outre la formation d'une deuxième couche (14) électriquement conductrice et configurée pour former une barrière de diffusion aux atomes de lithium. La deuxième couche (14) est connectée électriquement à la première couche (13) et laissant découverte au moins une partie de la première couche (13d), la dite partie faisant face à l'électrolyte (12). Un dépôt électrochimique d'une anode au lithium est ensuite réalisé à partir de la germination depuis les première (13) et deuxième (14) couches électriquement conductrices.



FR 3 010 832 - A1



## **Procédé de réalisation d'une microbatterie au lithium**

### **5      Domaine technique de l'invention**

L'invention est relative à la formation d'une couche de lithium métallique pour, notamment pour réaliser une microbatterie au lithium.

10

### **État de la technique**

Une microbatterie au lithium est un accumulateur électrochimique mettant en jeu les ions  $\text{Li}^+$  et comportant un empilement actif de couches minces.

15

L'empilement actif est formé par deux électrodes, positive et négative, séparées par un électrolyte solide.

20

L'électrolyte solide est un isolant électrique ayant une forte conductivité ionique, il est généralement à base d'un composé lithié. Par ailleurs, l'électrode positive est un matériau d'insertion du lithium, par exemple les oxydes de métaux lithiés.

25

Les microbatteries au lithium dites « lithium-métal » comportent une électrode négative en lithium métallique. En outre, les microbatteries au lithium dites « lithium-ion » comportent une électrode négative formée par un matériau d'intercalation ou d'insertion du lithium.

30

Les microbatteries au lithium sont particulièrement intéressantes grâce à leur forte densité massique, et leur faible toxicité. Cependant, une microbatterie au lithium, notamment l'électrolyte solide et l'électrode négative, est très sensible à l'air et à l'humidité. De ce fait, une attention particulière doit être

portée aux différentes étapes de réalisation et d'encapsulation d'une microbatterie au lithium.

5 Pour la fabrication d'une microbatterie, une technique classique consiste à déposer successivement les couches minces de la micro-batterie, notamment par des techniques de dépôt sous vide.

10 Les couches à base de lithium sont très réactives et très instables chimiquement. En effet, la présence de lithium et, dans certains cas de soufre, dans des couches minces formant une microbatterie, confère à ces couches un caractère fortement hygroscopique et une instabilité chimique à l'air. Ainsi, les couches minces à base de lithium, notamment les couches en lithium métallique, sont difficiles à structurer.

15 La structuration d'une couche de lithium métallique est généralement réalisée en utilisant un masquage mécanique (« shadow masking » selon la terminologie anglosaxonne). Le dépôt sous vide, PVD par exemple (« Physical Vapor Deposition »), peut être réalisé à travers un masque mécanique présentant des évidements. Le masque est posé sur le substrat  
20 et maintenu en position pendant la durée du dépôt. Ensuite, le masque mécanique est retiré et le substrat présente les motifs souhaités. Cette technique de masquage génère une contamination particulière, et le masque mécanique peut également rayer la couche sur laquelle il est déposé, risquant ainsi, d'endommager fortement la microbatterie. Par ailleurs, lorsque  
25 la taille de la microbatterie est réduite, le masque mécanique peut générer des effets de bords qui s'avèrent néfastes pour un bon fonctionnement de la microbatterie.

30 En outre, le document [« Microfabrication process for patterning metallic lithium encapsulated electrodes », Applied Surface Science 256S (2009) S58-S60] divulgue une technique de structuration de couche de lithium

métallique par arrachement ou décolage (« lift-off » en terminologie anglo-saxonne). Cette technique consiste à déposer pleine plaque une couche en PPX (PPX pour poly-para-xylylène) de 20  $\mu\text{m}$  d'épaisseur sur un substrat à base de silicium comportant un empilement  $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ . La couche en PPX est gravée pour définir des cavités débouchant sur la couche en  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Ensuite, un dépôt par évaporation du lithium métallique sur le substrat est réalisé. Enfin, la couche en PPX est retirée manuellement pour transférer des motifs en lithium métallique sur le substrat, notamment sur la couche en  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Cette technique reste cependant, difficile à mettre en œuvre. Par ailleurs, les étapes de gravure et de retrait de la couche en PPX sont des étapes critiques, qui risquent de contaminer le substrat. Ce qui peut être néfaste, par exemple, pour un bon fonctionnement d'une microbatterie, ainsi que pour son procédé de réalisation.

15

### **Objet de l'invention**

L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une microbatterie au lithium, facile à mettre en œuvre, compatible avec les technologies et les méthodes de fabrication dans le domaine de la microélectronique, et permettant l'obtention d'une microbatterie performante et fiable.

20

On tend vers cet objet en prévoyant un procédé de réalisation d'une microbatterie au lithium, comportant les étapes suivantes :

25

- prévoir un substrat recouvert successivement par une cathode, un électrolyte solide, une première couche électriquement conductrice à base d'un matériau configuré pour s'allier avec les atomes de lithium, la première couche étant dépourvue de contact avec la cathode ;

30

- former une deuxième couche électriquement conductrice et configurée pour former une barrière de diffusion aux atomes de lithium, la deuxième couche étant connectée électriquement à la première

couche et laissant découverte au moins une partie de la première couche, la dite partie faisant face à l'électrolyte ;

- déposer électrochimiquement une anode au lithium à partir de la germination depuis les première et deuxième couches électriquement conductrices.

5

Selon une mise en œuvre préférentielle, le procédé comporte une étape de formation d'une première couche d'encapsulation hermétique et électriquement isolante sur une portion de la deuxième couche de manière à empêcher le dépôt électrochimique.

10

De manière avantageuse, l'électrolyte est muni de flancs latéraux reliés par une surface sensiblement parallèle et opposée au substrat, et en ce que la première couche est disposée sur le substrat et sur l'électrolyte de manière à recouvrir continûment lesdits flanc latéraux et ladite surface les reliant.

15

Le procédé peut comporter, de manière avantageuse, une ou plusieurs autres étapes, isolément ou en combinaison, en particulier parmi les étapes de :

20

- formation d'une deuxième couche d'encapsulation hermétique et électriquement isolante enrobant l'anode et l'électrolyte ;
- formation d'une deuxième couche recouvrant une portion de la première couche, ladite portion étant disposée sur le substrat ;
- utilisation d'une première couche à base d'un matériau de la liste comportant le silicium dopé, le germanium dopé, Sn, Al, Au et Pt ;
- formation de la deuxième couche à base d'un matériau de la liste comportant Ti, Ni, W, et Mo, Cr ou d'un alliage à partir de ces éléments ;
- formation d'une anode ayant une épaisseur supérieure à 2 fois l'épaisseur de la première couche, de préférence supérieure à 10 fois l'épaisseur de la première couche ;

25

30

- formation d'une anode et d'une première couche ayant des épaisseurs choisies de manière que l'interface électrolyte/anode soit formée par un alliage lithium-matériau de la première couche.

5 On tend vers un des objets de l'invention en prévoyant également une microbatterie au lithium munie d'un substrat recouvert successivement par une cathode, un électrolyte solide, une première couche électriquement conductrice à base d'un matériau configuré pour s'allier avec les atomes de lithium, la première couche étant dépourvue de contact avec la cathode. La

10 microbatterie comporte en outre, une deuxième couche électriquement conductrice et configurée pour former une barrière de diffusion aux atomes de lithium. Cette deuxième couche est connectée électriquement à la première couche de manière à laisser découverte au moins une partie de la première couche. Par ailleurs, la partie découverte de la première couche est

15 disposée de sorte à faire face à l'électrolyte. La microbatterie dispose également d'une zone de la deuxième couche configurée pour former une prise de contact de la microbatterie, et une anode au lithium disposée sur les première et deuxième couches électriquement conductrices de manière à laisser découverte ladite zone de la deuxième couche.

20

Avantageusement, la microbatterie comporte une première couche d'encapsulation hermétique et électriquement isolante disposée sur la deuxième couche de manière à séparer ladite zone, de la première couche et de l'anode.

25

De manière préférentielle, la microbatterie comporte en outre une deuxième couche d'encapsulation hermétique et électriquement isolante, enrobant l'anode.

30

### **Description sommaire des dessins**

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention  
5 donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

- les figures 1 et 2 représentent, de manière schématique, en vue de coupe, des étapes successives de réalisation d'une couche de lithium  
10 métallique d'une microbatterie selon un premier mode de mise en œuvre ;
- les figures 3 et 4 représentent, de manière schématique, en vue de coupe, deux autres modes de mise en œuvre d'une microbatterie au lithium.

15

### **Description de modes de réalisation préférentiels de l'invention**

Comme illustré aux figures 1 à 4, un procédé de réalisation d'une microbatterie au lithium comporte l'utilisation d'un substrat muni d'un  
20 empilement de couches actives. En fait, le procédé comporte une première étape consistant à prévoir un substrat 10 recouvert successivement par une cathode 11, un électrolyte solide 12, préférentiellement à base de lithium et une première couche 13 électriquement conductrice (figure 1). La première  
25 couche 13 est à base d'un matériau configuré pour s'allier avec les atomes de lithium. En outre, la première couche 13 est dépourvue de contact avec la cathode 11.

Les couches formant la cathode 11 et l'électrolyte solide 12 peuvent être réalisées successivement sur le substrat 10 par des techniques classiques  
30 de l'industrie microélectronique par exemple par dépôt physique en phase vapeur (« Physical Vapor Deposition », PVD), dépôt par évaporation sous

vide, dépôt chimique en phase vapeur (« Chemical Vapor Deposition », CVD). L'épaisseur des couches minces 11 et 12 peut varier entre quelques nanomètres et quelques dizaines de micromètres.

5 Par ailleurs, le substrat 10 est généralement une plaque de silicium, pouvant comporter un circuit intégré. Le substrat 10 peut également être en verre ou en céramique. Le substrat 10 peut être recouvert, par une couche de passivation, typiquement à base d'oxyde de silicium, ou par une bicouche formée par une couche d'oxyde et une couche de nitrure de silicium. Le  
10 substrat 10 peut également former la cathode 11.

Par cathode 11 on entend généralement une électrode génératrice d'ion  $\text{Li}^+$  ou comportant un matériau d'intercalation du lithium. Le matériau utilisé comme matériau actif de la cathode 11 peut être un matériau non lithié  
15 comme un oxyde de vanadium ( $\text{V}_x\text{O}_y$ ), de tungstène ( $\text{WO}_x$ ), ou encore de molybdène ( $\text{MoO}_x$ ) ou un oxysulfure de titane ( $\text{TiO}_x\text{S}_y$ ). Le matériau de la cathode 11 peut également être un matériau lithié comme un oxyde de lithium et de cobalt ( $\text{LiCoO}_2$ ), un oxyde de lithium et de manganèse ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ), un oxyde de lithium et de titane ( $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ), un phosphate de fer et  
20 de lithium ( $\text{LiFePO}_4$ ) ou un oxyde de lithium et de nickel ( $\text{LiNiO}_2$ ), etc.

En outre, le substrat 10 peut également comporter d'autres couches minces, notamment des couches formant des collecteurs de courant de la microbatterie. Classiquement, ces collecteurs de courant sont formés par des  
25 couches métalliques, par exemple en platine, chrome, or, titane, etc. L'étape de réalisation de ces collecteurs de courant est indépendante de l'étape de formation de l'empilement des couches actives sur le substrat 10. Autrement dit, les collecteurs de courant de la microbatterie peuvent être réalisés avant, pendant, ou après l'étape de formation de la cathode 11 et de l'électrolyte solide 12.  
30

Comme illustré à la figure 1, la couche d'électrolyte solide 12 est disposée sur la cathode 11 de manière à la recouvrir. De manière préférentielle, l'électrolyte 12 enrobe la cathode 11. L'électrolyte 12 est à base d'un matériau permettant la conduction des ions lithium  $\text{Li}^+$ . Préférentiellement, le matériau de l'électrolyte solide 12 est à base de lithium, et il est électriquement isolant. L'électrolyte solide 12 peut être en oxynitride de bore et de lithium (LiBON), en oxynitride de silicophosphate et de lithium (LiSiPON), etc. De manière préférentielle, l'électrolyte solide 12 est en oxynitride de phosphore et de lithium (LiPON) dit « lipon ».

10

La première couche 13 est disposée sur l'électrolyte solide 12 de sorte qu'elle soit dépourvue de contact avec la cathode 11. La première couche 13 recouvre l'électrolyte solide 12, et elle s'étend, préférentiellement, le long d'un axe longitudinal (Ox) de manière à recouvrir longitudinalement l'électrolyte solide 12.

15

Selon un mode préférentiel de réalisation, l'électrolyte solide 12 est muni de flanc latéraux 12a reliés par une surface 12b opposée au substrat 10, et préférentiellement sensiblement parallèle. La première couche 13 comporte préférentiellement une portion 13a disposée directement sur le substrat 10. Selon ce mode préférentielle de réalisation, la première couche 13 est avantageusement disposée sur le substrat 10 et sur l'électrolyte 12 de manière à recouvrir continûment lesdits flancs latéraux 12a et ladite surface 12b les reliant.

25

Autrement dit, comme représenté à la figure 1, la première couche 13 s'étend longitudinalement et comporte de manière continue et successive une première portion 13a disposée sur le substrat 10, une deuxième portion 13b disposée sur l'électrolyte solide 12, et une troisième portion 13c disposée sur le substrat 10.

30

Avantageusement, la première couche 13 est à base d'un matériau de la liste comportant l'étain (Sn), l'aluminium (Al), l'or (Au), le platine (Pt), le silicium dopé, et le germanium dopé. Préférentiellement, la couche 13 a une épaisseur allant de 5 à 50 nm. La première couche 13 peut être formée selon toute technique connue et compatible avec les matériaux des différentes couches disposées sur le substrat 10. La première couche 13 peut être déposée sélectivement ou sur toute la surface du substrat 10. La couche 13 peut être déposée, par exemple, par PVD, CVD, évaporation, etc. Par ailleurs, la structuration de la couche 13 peut être réalisée en utilisant une étape de photolithographie, ou tout autre moyen.

En outre, le procédé de réalisation comporte une étape de formation d'une deuxième couche 14 électriquement conductrice (figure 2). Le matériau de la deuxième couche 14 et sa disposition sont choisis de sorte que la couche 14 soit configurée pour former une barrière de diffusion aux atomes de lithium. Autrement dit, la couche 14 est configurée pour empêcher la diffusion des atomes ou des ions de lithium provenant notamment de l'électrolyte solide 12 via la première couche 13.

La deuxième couche 14 est également disposée de manière à être électriquement connectée à la première couche 13. Autrement dit, les première 13 et deuxième 14 couches sont en contact direct.

Avantageusement, la deuxième couche 14 est à base d'un matériau de la liste comportant le titane (Ti), le nickel (Ni), le tungstène (W) et le molybdène (Mo). Par ailleurs, la couche 14 peut également être à base d'un alliage formé à partir d'un ou plusieurs éléments de la liste précédente. La deuxième couche 14 peut être déposée, par exemple, par PVD, CVD, évaporation, etc. Par ailleurs, la deuxième couche 14 peut être déposée sélectivement ou en pleine plaque sur le substrat 10, et sa structuration peut être réalisée en

utilisant une étape de photolithographie, ou toute autre technique classique. Préférentiellement, la couche 14 a une épaisseur allant de 10 à 500 nm.

5 Par ailleurs, la deuxième couche 14 est disposée de manière à laisser découverte au moins une partie 13d de la première couche 13. La partie découverte 13d fait face à l'électrolyte solide 12.

De manière avantageuse, la deuxième couche 14 recouvre une portion de la première couche 13, ladite portion étant disposée sur le substrat 10. 10 Autrement dit, cette partie de recouvrement est formée par un empilement : deuxième couche 14 / première couche 13 / substrat 10.

Selon le mode préférentiel de réalisation illustré à la figure 2, la deuxième couche 14 comporte une première portion 14a disposée directement sur le 15 substrat 10 et une deuxième portion 14b recouvrant la première portion 13a et/ou la deuxième portion 13b de la première couche 13.

Comme illustré à la figure 3, le procédé comporte une étape de dépôt électrochimique d'une anode au lithium 15. Le dépôt est réalisé à partir de la 20 germination depuis les première 13 et deuxième 14 couches électriquement conductrices.

Selon un exemple de réalisation, les couches de germination 13 et 14 sont respectivement à base d'étain et de titane. La couche 13 en étain a une 25 épaisseur d'environ 50 nm, et la couche 14 en titane a une épaisseur d'environ 250 nm. Par ailleurs, selon cet exemple de réalisation, l'anode au lithium 15 est réalisée en utilisant un bain d'électrodépôt comportant un solvant à base de carbonate d'éthylène et de carbonate de diméthyle en rapport volumique égale (EC-DMC 1:1), et un sel de lithium hexafluorophosphate (LiPF<sub>6</sub> 1M). La densité de courant appliquée dans le 30 bain est comprise entre 0,5 et 2 mA/cm<sup>2</sup>.

De manière avantageuse, l'épaisseur de l'anode au lithium 15 est 2 fois, et plus avantageusement 10 fois supérieure à l'épaisseur de la première couche 13. Préférentiellement, l'épaisseur de l'anode 15 est choisie en fonction du matériau de la première couche 13 et de son épaisseur. En fonction du diagramme binaire du système sélectionné (lithium, matériau de l'anode 15 / matériau de la première couche 13), autrement dit en fonction du matériau de la couche 13, l'épaisseur de l'anode 15 et l'épaisseur de la première couche 13 sont choisies de manière que l'interface anode 15 / électrolyte 12 soit formée par un alliage lithium-matériau de la première couche 13.

Selon l'exemple de réalisation, l'épaisseur de l'anode au lithium 15 est d'environ 5  $\mu\text{m}$  pour une épaisseur de 50 nm de la couche 13 en étain. Le choix des épaisseurs de ces couches, ainsi que du matériau de la couche 13 a permis la formation d'un alliage lithium-étain avec un pourcentage en masse de lithium d'environ 88%.

Selon un mode de réalisation préférentiel illustré à la figure 3, on réalise une étape de formation d'une première couche d'encapsulation 16 hermétique et électriquement isolante sur une portion 14' de la deuxième couche 14. Cette étape est effectuée avant le dépôt électrochimique de manière que la première couche d'encapsulation 16 empêche le dépôt de la couche d'anode 15 sur ladite portion 14' de la couche 14.

La couche d'encapsulation 16 a comme principal objet la formation d'une barrière de protection inerte et étanche pour les couches actives de la microbatterie. En outre, la couche d'encapsulation 16 permet, de manière avantageuse, la structuration de l'anode au lithium 15 en empêchant le dépôt électrochimique sur une ou plusieurs portions de la deuxième couche 14.

La couche d'encapsulation 16 peut être à base de différents matériaux ayant des caractéristiques électriques, thermomécaniques et chimiques compatibles avec les composants et le fonctionnement de la microbatterie. A titre d'exemple, la couche d'encapsulation 16 peut être une couche d'époxy, ou une couche de polymère à base d'époxy acrylate, ou encore une couche d'oxyde ou d'alumine, etc. Selon la nature de la couche d'encapsulation 16, elle peut être réalisée par un dépôt à la tournette (« spin coating » selon la terminologie anglo-saxonne), ou par dépôt PVD, etc.

10 Ainsi, la deuxième couche 14 peut former ou comporter une prise de contact électrique de la microbatterie réalisée sur le substrat 10 tout en évitant la migration des atomes de lithium vers ladite prise de contact. De manière préférentielle, une telle prise de contact est formée dans une zone 14'' de la deuxième couche 14 séparée des couches actives de la microbatterie (cathode11/électrolyte12/anode15) par la première couche d'encapsulation 16.

20 Une présence des atomes de lithium dans des zones non encapsulées de la microbatterie, notamment ladite prise de contact, peut entraîner une oxydation du lithium ou de l'alliage le comportant, dégradant ainsi ces zones. Par exemple, une oxydation du lithium au niveau des contacts électriques de la microbatterie, peut entraîner une augmentation de la résistance de contact, voire la rupture complète de ce dernier. De ce fait, la nature et la disposition astucieuses de la deuxième couche 14 permettent de réaliser une microbatterie fiable ayant un bon fonctionnement électrochimique et un bon rendement.

30 Selon un autre mode de réalisation illustré à la figure 4, une deuxième couche d'encapsulation 17 hermétique et électriquement isolante est formée sur l'empilement comportant l'anode 11, la cathode 15 et l'électrolyte 12. La couche 17 est formée de manière à enrober l'anode 15 et l'électrolyte 12.

Ainsi, les première 16 et deuxième 17 couches d'encapsulation forment de manière avantageuse une encapsulation de la microbatterie réalisée sur le substrat 10.

5 Par ailleurs, les première 16 et deuxième 17 couches d'encapsulation peuvent être surmontées d'une couche additionnelle d'encapsulation. En particulier lorsqu'une couche d'encapsulation en polymère est déposée directement sur les composants de la microbatterie, une couche additionnelle est généralement utilisée. En effet, les matériaux polymères peuvent être  
10 perméables à certains contaminants qui peuvent réagir avec les couches actives de la microbatterie, ce qui nécessite l'adjonction d'une couche additionnelle formant un bouclier contre les contaminants.

Le procédé de réalisation décrit ci-dessus est avantageusement un procédé  
15 facile à réaliser qui permet de réduire le coût et la complexité de fabrication des microbatteries à grande échelle. Le procédé permet notamment la structuration de l'anode en lithium en se passant de l'utilisation d'un masque dur ou d'une autre technique difficile à mettre en œuvre.

20 En effet, le procédé utilise deux couches de germination électriquement conductrices pour réaliser un dépôt électrochimique de l'anode en lithium de manière efficace et facile. En outre, le procédé permet de manière avantageuse, une structuration facile à réaliser de l'anode en lithium, en déposant partiellement une couche d'encapsulation électriquement isolante  
25 sur une des deux couches de germination, avant le dépôt électrochimique de l'anode en lithium. De plus, ladite couche d'encapsulation forme également une protection pour la microbatterie.

Le procédé utilise de manière astucieuse une couche de germination  
30 présentant une barrière de diffusion aux atomes de lithium, pour le dépôt de l'anode en lithium et la formation d'une prise de contact de la microbatterie.

Grâce à la barrière de diffusion formée par la couche de germination, ladite prise de contact évite une contamination générée par la migration des atomes de lithium. Ainsi, le procédé permet la fabrication de microbatteries fiables, ayant un bon fonctionnement électrochimique et un bon rendement.

5

En effet, pour augmenter le degré de performance et de fiabilité d'une microbatterie au lithium, l'isolation des couches actives, des autres éléments de la microbatterie, est considérée comme l'un des points clés. On tend vers cet objet en prévoyant une microbatterie au lithium ayant un agencement d'éléments empêchant, notamment, la migration des atomes de lithium des couches actives vers les zones non encapsulées, par exemples les prises de contact électrique de la microbatterie.

10

Selon un mode de réalisation illustré à la figure 3, une microbatterie au lithium est munie d'un substrat 10 recouvert successivement par : une cathode 11, un électrolyte solide 12 préférentiellement à base de lithium, et une première couche 13 électriquement conductrice à base d'un matériau configuré pour s'allier avec les atomes de lithium. La première couche 13 est dépourvue de contact avec la cathode 11.

15

20

En outre, la microbatterie comporte une deuxième couche 14 électriquement conductrice et configurée, de manière avantageuse, pour former une barrière de diffusion aux atomes de lithium. La deuxième couche 14 est, par ailleurs, connectée électriquement à la première couche 13 de sorte à laisser découverte au moins une partie 13d de la première couche 13. La partie découverte 13d est disposée de manière à faire face à l'électrolyte 12.

25

La microbatterie comporte également une anode 15 au lithium disposée sur les première 13 et deuxième 14 couches électriquement conductrices de manière à laisser découverte une zone 14'' de la deuxième couche 14. Par

30

ailleurs, la zone 14'' comporte un contact électrique de la microbatterie disposé de manière à être distinct de l'anode.

5 De manière avantageuse, la microbatterie au lithium comporte une première couche d'encapsulation 16 hermétique et électriquement isolante disposée sur la deuxième couche 14 de manière à séparer ladite zone 14'', de la première couche 13 et de l'anode 15. Cet agencement astucieux de la zone 14'', destinée à comporter une prise de contact de la microbatterie, et des couches actives permet, de manière avantageuse d'éviter une migration des  
10 atomes de lithium de l'empilement des couches actives vers la zone 14'' de la prise de contact. Une telle migration est néfaste pour la fiabilité et le bon fonctionnement de la microbatterie.

15 Comme illustré à la figure 4, la microbatterie au lithium comporte, en outre, une deuxième couche d'encapsulation 17 hermétique et électriquement isolante enrobant l'anode 15. Les couches d'encapsulation 16 et 17, ainsi que la disposition spéciale de la zone 14'' permettent avantageusement une encapsulation efficace des couches actives de la microbatterie et une isolation de la zone 14'' non encapsulée destinée à comporter une prise de  
20 contact de la microbatterie.

## Revendications

1. Procédé de réalisation d'une microbatterie au lithium, comportant les étapes suivantes :

- 5
- prévoir un substrat (10) recouvert successivement par :
    - une cathode (11) ;
    - un électrolyte solide (12) ;
    - une première couche (13) électriquement conductrice à base
- 10
- d'un matériau configuré pour s'allier avec les atomes de lithium, la première couche (13) étant dépourvue de contact avec la cathode ;
  - former une deuxième couche (14) électriquement conductrice et configurée pour former une barrière de diffusion aux atomes de lithium, la deuxième couche (14) étant connectée électriquement à la
- 15
- première couche (13) et laissant découverte au moins une partie (13d) de la première couche (13), ladite partie (13d) faisant face à l'électrolyte (12) ;
  - déposer électrochimiquement une anode (15) au lithium à partir de la germination depuis les première (13) et deuxième (14) couches
- 20
- électriquement conductrices.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de formation d'une première couche d'encapsulation (16) hermétique et électriquement isolante sur une portion (14') de la deuxième couche (14) de manière à empêcher le dépôt électrochimique.

25

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'électrolyte (12) est muni de flancs latéraux (12a) reliés par une surface opposée au substrat (12b), et en ce que la première couche (13) est

30

disposée sur le substrat (10) et sur l'électrolyte (12) de manière à recouvrir continûment lesdits flanc latéraux et ladite surface les reliant.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce qu'une deuxième couche d'encapsulation (17) hermétique et électriquement isolante enrobe l'anode (15) et l'électrolyte (12).

5

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la deuxième couche (14) recouvre une portion de la première couche (12), ladite portion étant disposée sur le substrat (10).

10

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la première couche (13) est à base d'un matériau de la liste comportant Sn, Al, Au, Pt, le silicium dopé, et le germanium dopé.

15

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la deuxième couche (14) est à base d'un matériau de la liste comportant Ti, Ni, W, Cr et Mo.

20

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que l'anode (15) a une épaisseur supérieure à 2 fois l'épaisseur de la première couche (13).

25

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'épaisseur de l'anode (15) et l'épaisseur de la première couche (13) sont choisies de manière que l'interface l'électrolyte (12) / anode (15) soit formée par un alliage lithium-matériau de la première couche (13).

30

10. Microbatterie au lithium munie d'un substrat (10) recouvert successivement par une cathode (11), un électrolyte solide (12) à base de lithium, une première couche (13) électriquement conductrice à base d'un matériau configuré pour s'allier avec les atomes de lithium, la première

couche (13) étant dépourvue de contact avec la cathode, caractérisé en ce qu'elle comporte :

- 5 • une deuxième couche (14) électriquement conductrice et configurée pour former une barrière de diffusion aux atomes de lithium, la deuxième couche (14) étant connectée électriquement à la première couche (13) et laissant découverte au moins une partie (13d) de la première couche (13), ladite partie découverte (13d) faisant face à l'électrolyte (12) ;
- 10 • une anode (15) au lithium disposée sur les première (13) et deuxième (14) couches électriquement conductrices de manière à laisser découverte une zone (14'') de la deuxième couche (14) ;
- un contact électrique disposé sur ladite zone (14'') de la deuxième couche (14), le contact étant distinct de l'anode.

15 **11.** Microbatterie au lithium selon la revendication 10 caractérisée en ce qu'elle comporte une première couche d'encapsulation (16) hermétique et électriquement isolante disposée sur la deuxième couche (14) de manière à séparer ladite zone (14''), de la première couche (13) et de l'anode (15).

20 **12.** Microbatterie au lithium selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisée en ce qu'elle comporte une deuxième couche d'encapsulation (17) hermétique et électriquement isolante enrobant l'anode (15).

1 / 2

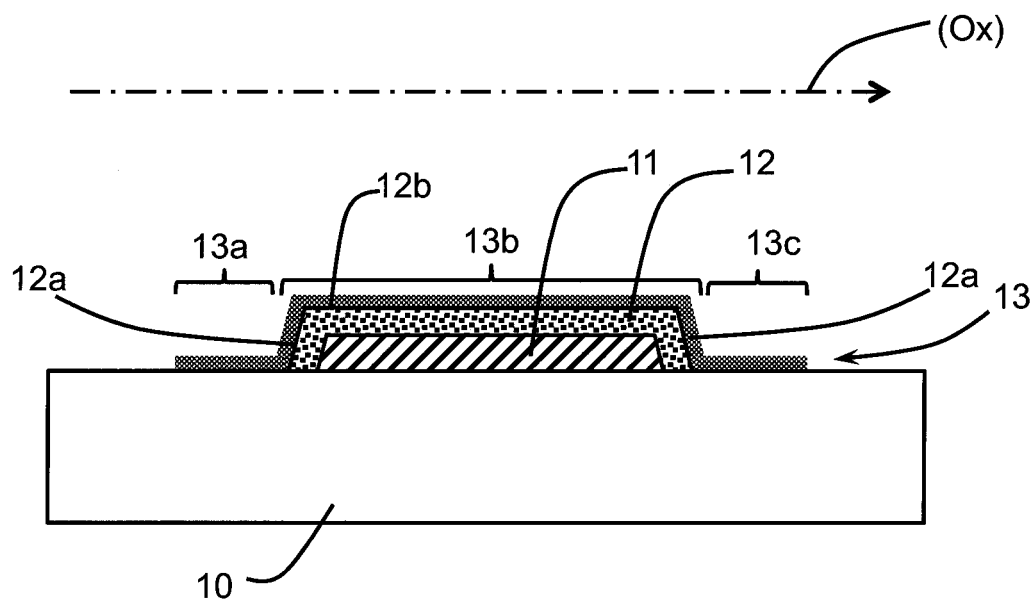


Figure 1

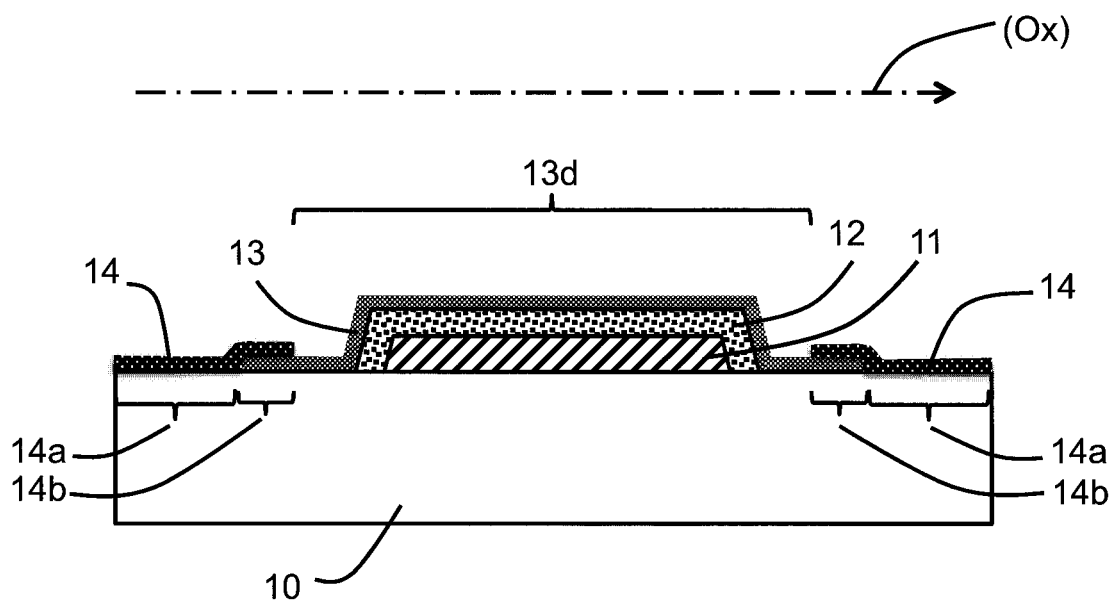
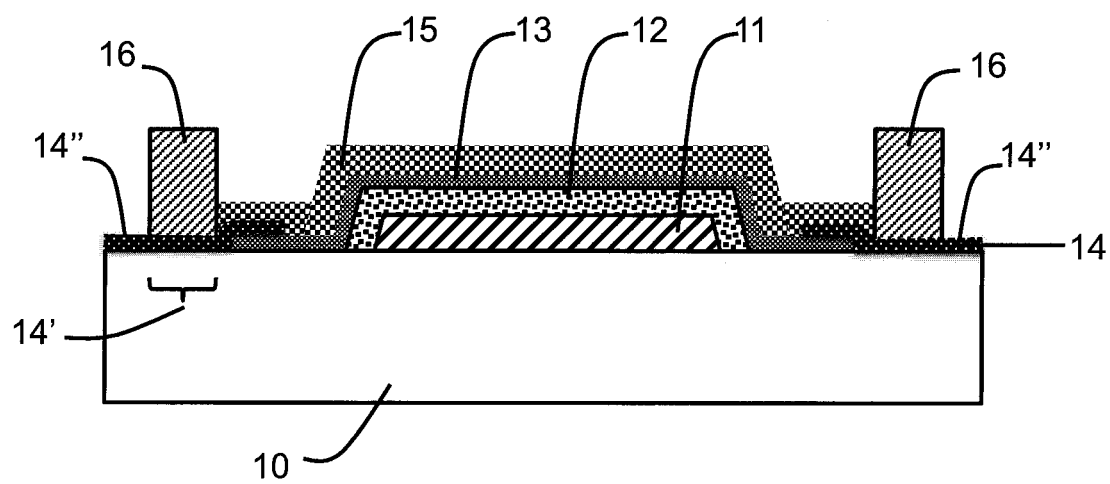
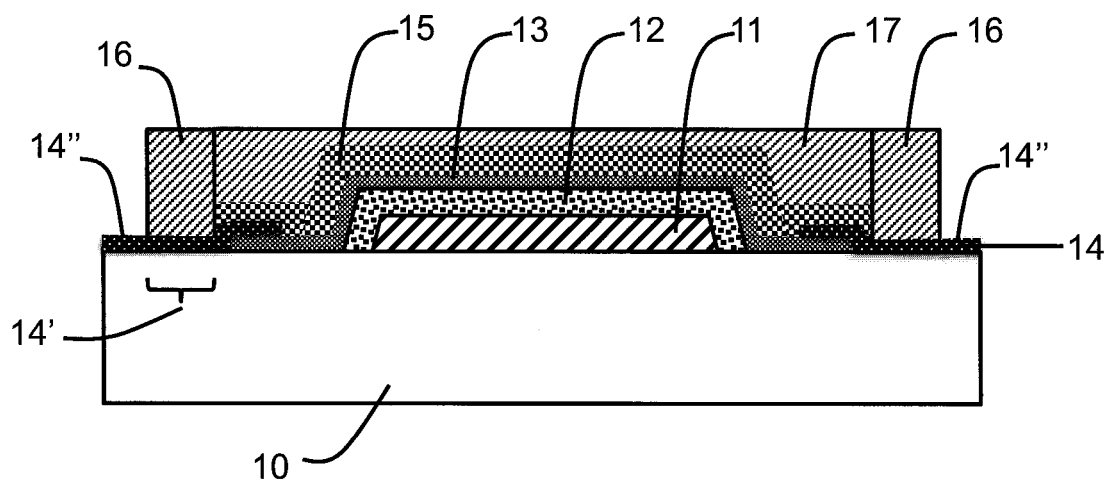


Figure 2

**Figure 3****Figure 4**