

ARCHITECTURE D'ANODE SUR PUCE À BASE DE GERMANIUM POREUX POUR LES MICRODISPOSITIFS DE STOCKAGE D'ÉNERGIE À HAUTE PERFORMANCE

Anode pour batteries lithium-ion et autres batteries ayant pour matériau actif du germanium poreux nano-structuré en forme de colonnes.



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA
t 819 821-7961

Contexte

Avec un nombre sans cesse croissant de produits fonctionnant à l'électricité, la demande croissante de performances et d'autonomie oblige les fabricants à augmenter la durée de vie et la capacité de stockage de leurs batteries. Si la cathode (celle qui fournit l'énergie) limite la capacité, l'anode (celle qui stocke l'énergie) limite les performances et la durée de vie de la batterie. Les systèmes actuels d'alimentation électrique sont loin d'être optimaux. Avec le développement de la cathode aux capacités plus élevées, l'anode, qui est généralement à base de graphite, est devenue obsolète (capacité spécifique de 372 mAh/g).

Les candidats les plus en vue pour remplacer le graphite sont les semi-conducteurs du groupe IV, à savoir le silicium (Si) et le germanium (Ge). Le Si a une très grande capacité théorique (4200 mAh/g) mais aussi une grande expansion de volume pendant la lithiation (400%). Le Ge, bien qu'ayant une capacité spécifique plus faible (1600 mAh/g), a une expansion volumique plus faible (150%) et d'autres propriétés : un meilleur coefficient de diffusion du lithium-ion, un potentiel de lithiation plus faible et une mobilité électronique plus élevée - des propriétés permettant d'appliquer différents régimes de stockage (de la batterie au supercondensateur). Ainsi, le Ge est un candidat très prometteur pour permettre aux futures batteries d'atteindre des niveaux de performance inégalés.

Description

L'équipe de développement à l'origine de cette invention est un leader mondial de la gravure électrochimique du germanium. L'invention décrit une architecture d'anode sur puce pour le stockage d'énergie, une approche unique qui diffère des procédés de fabrication d'électrodes à base de boue (« slurry » en anglais). Elle consiste en une électrode unique constituée d'un Ge nano-structuré (avec ou sans fonctionnalisation à base de carbone) et son substrat, correspondant, respectivement, à la matière active (qui stocke l'énergie) et à son collecteur de courant qui permet le transport des électrons vers la matière active.

La nano-structuration d'une électrode permet de minimiser les contraintes mécaniques lors de l'expansion volumique générée par le processus de lithiation, et d'augmenter sa durée de vie. Il existe actuellement différentes méthodes pour y parvenir, mais la plus simple et la plus transférable à l'industrie, la gravure électrochimique, a été développée à l'Université de Sherbrooke. L'électrode sur puce poreuse à base de Ge est une technologie à fort potentiel, tant pour les batteries au lithium, mais aussi au sodium, au lithium-soufre, au potassium ou à l'hydrogène. Outre l'avantage du matériau, l'architecture sur puce permet de maintenir un contact électrique parfait entre le matériau actif et le collecteur de courant, c'est-à-dire la couche poreuse et le substrat. Ce contact permet d'appliquer différents courants de décharge, permettant ainsi d'atteindre des régimes à haute densité d'énergie, mais aussi à haute densité de puissance. Cette dualité de performance, entre matériaux et architecture, permet une application polyvalente dans le stockage d'énergie. La méthode étant d'une seule étape élimine les étapes de fabrication habituellement utilisées pour les électrodes en poudre. De plus, cette architecture d'anode est sans liant ni solvant, et grâce au contact électrique parfait entre le matériau actif et le collecteur de courant, aucun additif conducteur n'est nécessaire. Ainsi, son intégration dans les lignes de production est facilitée, faisant de cette architecture un candidat idéal pour les batteries solides et les micro-batteries, et plus généralement pour tous les systèmes développés dans le cadre de l'internet des objets (IdO).

Applications

- Batteries au lithium-ion
 - o Marché - 94,4 milliards de dollars américains d'ici 2025.
- Micro-batteries - développées pour permettre aux systèmes miniatures d'être alimentés électriquement.
 - o Marché - 842 millions de dollars d'ici 2026 - alimentation des dispositifs de l'Internet des objets (IdO).
 - o Le marché de l'IdO atteindra 1,85 trillion de dollars en 2028 - téléphones mobiles intelligents, voitures connectées, vélos intelligents, capteurs médicaux, appareils de suivi de la condition physique, etc.
 - o Applications des micro-batteries :
 - Portable - oreillettes de téléphone portable, appareils de fitness, médical - prothèses auditives, pompes à insuline, etc.
 - IdO - capteurs connectés, automobile – « smart keys », systèmes de péage automatisés.
 - Robotique, outils sans fil, systèmes d'alarme, etc.
- Batteries à l'état solide
 - o Marché - 314 M\$ d'ici 2028.
- Supercondensateurs, pseudo-condensateurs.

Avantages techniques

- Méthode de l'anode sur puce :
 - o Possibilité d'intégrer directement le Ge poreux sur le substrat de la batterie, ce qui réduit considérablement le nombre d'étapes nécessaires.
 - o Architecture unique utilisant le substrat comme collecteur de courant, ce qui limite le nombre d'étapes de fabrication et permet une intégration facile sur une plaquette, apportant ainsi un contact électrique parfait avec le matériau actif.
- Électrode présentant une puissance et une densité énergétique supérieures à celles des systèmes de stockage conventionnels.
- Peut être utilisée avec un électrolyte liquide, visqueux et solide.
- Facile à mettre en œuvre dans les batteries au lithium - la durée de vie de ces anodes pourrait être prolongée pour les applications à haut débit et à haute énergie.
- Architecture sans liant et sans solvant ; aucun additif conducteur n'est nécessaire.

Avantages commerciaux

- Processus de fabrication de l'anode en une seule étape.
- Facile à produire en masse.
- Méthodes de nano-structuration à faible coût déjà standard dans l'industrie :
 - o Gravure électrochimique et chimique - facilement intégrée aux lignes de production.
 - o Dépôt chimique en phase vapeur (CVD)
 - Le Ge fournit une surface pour la croissance du carbone et du graphène par CVD. Comme pour la nano-structuration, l'utilisation du CVD pour fonctionnaliser la surface avec du carbone, et ainsi limiter le SEI, a été principalement démontrée et commence à être utilisée dans l'industrie.

Mots clés

- Anode sur puce, lithiation, germanium poreux, tranche de germanium, nano-structuration, micro-batteries, batteries solides, batterie lithium-ion, Internet des objets (IdO), électrode sur puce.

Maturité de la technologie

- TRL 6 - pour l'anode
- Prêt pour le transfert à l'industrie.
 - o Démonstration d'une micro-batterie lithium-ion utilisant une cathode de lithium métallique, un électrolyte liquide et une pile bouton CR2032. Meilleure performance de la batterie obtenue avec une morphologie colonnaire. Une fois le germanium porosifié et clivé, l'échantillon est directement placé dans la pile bouton et utilisé comme électrode négative.
- Entreprises ciblées

- Blue Spark, Panasonic, TDK, Seiko, Duracell, Toyota, Tesla, etc.

Propriété intellectuelle

Brevet en instance aux États-Unis.

Ce que nous recherchons

Partenaires de développement. Investissements. Licences. Partenaires commerciaux.

Contact Inventeur

Professeur Abderraouf Boucherif
Abderraouf.Boucherif@USherbrooke.ca

Contact TransferTech Sherbrooke

François Nadeau
f.nadeau@transfertech.ca
873 339-2028
www.transfertech.ca



200-35, Radisson
Sherbrooke QC J1L 1E2
CANADA

t 819 821-7961

