

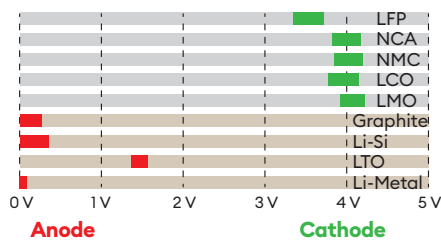
Matériaux de l'anode de batterie au lithium

Stockage de la charge

L'anode doit être capable de stocker et de libérer les ions lithium sans que la structure moléculaire ne change de manière significative. En technologie, ce processus est appelé intercalation.

Un matériau idéal, pour l'anode, peut stocker un grand nombre d'ions lithium. Cependant, son extension volumétrique devrait être faible. L'intercalation et la désintercalation doivent être chimiquement et thermiquement stables pour qu'un nombre élevé de cycles puisse être atteint. De plus, une attention particulière est accordée à une production économique et respectueuse de l'environnement.

Différence de potentiel Li⁺



Le diagramme donne un aperçu des matériaux courants d'anode et de cathode. La différence correspond à la tension électrochimique.

Carbone

Actuellement, le carbone est utilisé presque exclusivement comme matière pour l'anode. De ses différentes structures, le graphite est utilisé dans la grande majorité des cas. Le graphite a une bonne différence de potentiel face au Li⁺, est chimiquement stable et peut être produit à un prix raisonnable. Les atomes de carbone forment des hexagones disposés en couches parallèles les unes aux autres. Lors de l'intercalation, les ions glissent entre ces couches. Un ion peut s'intercaler sur six atomes de carbone, le volume augmentant d'environ 10 %. En plus du

graphite, d'autres structures de carbone sont donc également utilisées. L'objectif est d'atteindre une conductivité élevée, une meilleure capacité grâce à une plus grande faculté d'absorption des ions lithium et des variations de volume les plus faibles possibles pendant la charge et la décharge. En modifiant la structure, ces propriétés peuvent être améliorées. Une forme pure n'est pas au premier plan, mais la combinaison avec une structure hybride.

Silicium

Par rapport au graphite, dans lequel six atomes de carbone peuvent loger un ion lithium, le silicium présente l'avantage que chaque atome de Si peut stocker quatre ions lithium. Il a donc une densité de stockage d'énergie élevée, est également disponible en grande quantité sur la terre et est ainsi peu coûteux à produire. Le problème, cependant, est la forte expansion de plus de 300 % lors du stockage des ions Li. Cela conduit à une contrainte mécanique élevée, ce qui se traduit par un faible nombre de cycles possibles.

Les anodes en silicium pur sont donc encore au stade de la recherche. En revanche, des anodes combinées graphite-silicium sont produites. Les batteries correspondantes pour les voitures électriques contiennent généralement environ 10 % de silicium et 90 % de graphite. Plus de silicium entraîne une capacité plus élevée mais un nombre de cycles inférieur. Dans les batteries de certains appareils, la teneur en Si peut atteindre 50 %.

Panasonic/Tesla précise que la batterie de type 4680, qui sera produite à partir de 2022, contiendra une proportion accrue de silicium, qui a été recouvert d'une couche de polymère élastique et conducteur pour la stabilisation.

Titanate de lithium LTO

Le titanate de lithium (Li₄Ti₅O₁₂) est utilisé dans diverses applications depuis plus de 10 ans. La différence de potentiel par rapport au Li⁺ est la plus faible, ce qui conduit à une tension de cellule typique d'environ 2,3 V. La capacité est également inférieure par rapport aux autres systèmes. Cependant, la stabilité de cycle extrêmement bonne, la large plage d'application de -40° C à +60° C et les courants de charge et de décharge élevés possibles présentent de nets avantages.

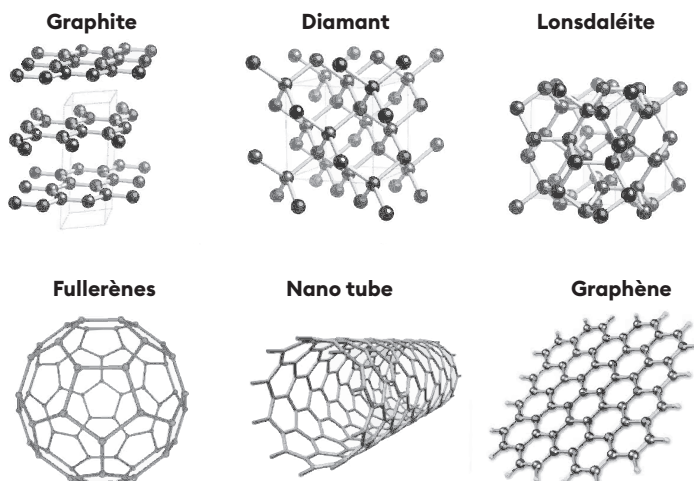


Le Dolphin de Yinlong est équipé d'une batterie LTO d'une capacité allant jusqu'à 150 kWh. Selon le fabricant, la batterie peut être chargée en 20 minutes, jusqu'à 30 000 cycles étant possibles.

Le titanate est un oxyde de titane avec une structure en forme de tunnel dans lequel les ions Li sont stockés pratiquement sans changement de volume. C'est idéal pour une charge rapide fréquente au détriment d'une densité d'énergie extrêmement élevée. Ceci est avantageux dans un service de bus régulier. Ces bus ne sont pas équipés de grosses batteries, mais sont rechargés plusieurs fois par jour à une borne de recharge rapide. Ceci n'est pas possible avec les batteries NMC ou LFP. La tension inférieure signifie que beaucoup plus de cellules doivent être connectées en série afin d'atteindre la tension de fonctionnement requise. En revanche, la batterie LTO est plus sûre en cas d'accident et n'a pas tendance à former de dendrites.

Métaux et oxygène

En termes d'énergie, le lithium métallique est le matériau d'anode idéal. La tension de cellule atteint alors 4 V. Or, le lithium pur est très réactif et difficilement contrôlable. De plus, le lithium a un point de fusion de 180° C. Pendant le fonctionnement, 100° C ne doivent pas être dépassés. Les anodes au lithium métallique ne sont donc actuellement utilisées que pour des applications dans de petits appareils électroniques. L'oxyde d'étain (SnO), l'aluminium, l'antimoine, le germanium et le magnésium sont également utilisés dans les batteries portables. Ces matériaux peuvent tous stocker plus d'ions Li, mais cela entraîne une grande variation de volume et donc une faible stabilité de cycle. L'oxygène a un potentiel encore meilleur que Li⁺. Diverses recherches sont donc menées sur une batterie lithium-air. Cependant, une application en série n'est pas encore en vue.



Le carbone se présente dans différentes structures, qui diffèrent considérablement dans leurs propriétés.