

**Tecnologie e materiali innovativi consentiranno di realizzare batterie ricaricabili davvero rivoluzionarie, in grado di fornire un'eccellente autonomia con tempi di ricarica da record. Ecco le soluzioni che vedranno la luce nei prossimi anni.**

■ Di Davide Piumetti



# MAI PIÙ ASECCO





Ormai siamo letteralmente circondati da dispositivi elettronici. Oggetti che portiamo sempre con noi e che hanno modificato lo stile di vita di milioni di persone. Quasi tutti – e ormai è un dato di fatto – possediamo infatti un cellulare (pardon, uno smartphone) e altri apparecchi portatili alimentati a batteria. Ma tanta è stata l'evoluzione tecnologica propria dei dispositivi quanto ridotta è stata quella che ha accompagnato i miglioramenti nelle tecnologie di stoccaggio dell'energia. In questo articolo andremo a ripercorrere le tappe fondamentali che hanno portato l'industria informatica allo stallo attuale, quando le richieste energetiche dei dispositivi e degli utenti non riescono a essere soddisfatte dalla tecnologia disponibile e vedremo cosa ci riserva il futuro e in quali campi la ricerca si sta muovendo di più.



Per comprendere meglio lo scenario in essere dobbiamo partire però dalle motivazioni tecniche e culturali che hanno portato le aziende alla produzione dei dispositivi elettronici moderni. Sul fronte dei telefoni cellulari è possibile costruire un buon percorso logico, sovrapponibile poi a quasi tutti i dispositivi moderni.

Negli ultimi 20 anni abbiamo infatti assistito a due fenomeni distinti: a un primo periodo di grandi miglioramenti si è passati da modelli caratterizzati da peso e dimensioni davvero eccessivi a dispositivi piccolissimi resi possibili da una corsa alla miniaturizzazione dei componenti mai vista prima, è succeduto un secondo periodo caratterizzato da una tendenza opposta.

In un secondo momento, con l'evoluzione tecnologica che ha portato gli schermi a colorarsi, alla comparsa di fotocamere e della connettività Internet, i dispositivi sono tornati a crescere in dimensioni, trainati soprattutto dal crescere dello schermo frontale. Il peso, con gli utenti ormai abituati a dispositivi nell'intorno dei 100 grammi, è però rimasto uno dei punti fermi di questi prodotti, che hanno iniziato a subire il freno di una tecnologia di alimentazione non più adeguata, visto e considerato il fatto che le batterie sono il componente interno dei dispositivi elettronici dal maggior peso relativo, e condizionano pesantemente quello totale del prodotto. A questo punto è facile comprendere come ci siano due bisogni contrastanti, quello di una batteria più grande per via del maggior consumo energetico

dei prodotti moderni e quello di una batteria più piccola (e leggera) per non incidere troppo sul peso finale.

**Con la tecnologia attuale** è infatti impossibile immagazzinare una quantità di energia infinita in uno spazio ridotto, e le varie tipologie di batterie in commercio hanno dei valori massimi, ben definiti di quantità di energia immagazzinabile per unità di peso e di volume. Per accumulare energia è di

conseguenza necessario spazio e peso, con le tecnologie attuali siamo ormai arrivati a un vicolo cieco che permette ai costruttori di fare solo dei piccoli miglioramenti e non salti tecnologici assoluti come sarebbe invece necessario.

**Servizi migliori, batterie più potenti:** spesso si tende a credere che i servizi offerti in ambito mobile siano limitati solo dalla velocità di connessione o dalla potenza del processore. Nella

Dopo una prima fase di miniaturizzazione, l'evoluzione in smartphone ha comportato dimensioni sempre maggiori.



57mm

MOTOROLA  
STARTAC 85

48mm

NOKIA  
3310

83mm

SAMSUNG  
GALAXY NOTE



Le tecnologie di cui parliamo non sono indirizzate solo ai dispositivi portatili. Anche questa supercar, la Tesla Roadster, è alimentata a batterie. Degli accumulatori da 53 kWh agli ioni di litio la spingono da 0 a 100 in 3,7 secondi con oltre 400 Km di autonomia.

maggior parte di casi ciò che limita maggiormente i servizi offerti è invece la durata della batteria. I processori mobile sono infatti ormai talmente potenti da poter fare ben più di ciò che oggi gli è permesso loro eseguire. Il consumo energetico con servizi avanzati attivi è infatti un parametro che limita troppo il funzionamento mobile per essere seriamente preso in considerazione dai produttori e dagli sviluppatori. Disporre di servizi avanzati, con cui essere sempre connessi e sempre aggiornati, sarebbe bellissimo, ma se poi la batteria offre un'autonomia di qualche decina di minuti il gioco non vale la candela. Quindi per servizi migliori è necessario avere batterie migliori.

A oggi con utilizzi medi la maggior parte degli utenti smartphone ricarica il proprio terminale ogni sera. Qualche anno fa si caricava il cellulare una o due volte alla settimana, da qui si può capire come l'evoluzione tecnologica delle batterie non sia stata alla pari di quella relativa alle prestazioni.

Nel seguito vogliamo proprio indagare a fondo nel settore, accompagnandovi in un percorso che parte dallo stato dell'arte attuale, spiegando come funzionano e in parte come sono costruite le batterie dei moderni dispositivi mobile e proseguendo poi con uno sguardo alle tecnologie che vedremo sul mercato nei prossimi anni. Nella parte finale daremo invece una visione a più largo spettro sulle più promettenti tecnologie in via di sviluppo nei più avanzati laboratori di ricerca del mondo.

## Batteria? No, accumulatore

La terminologia corretta, parlando degli oggetti che alimentano la maggior parte dei dispositivi mobile, non è pila o batteria, ma accumulatore elettrico. La differenza è sostanziale: una pila (o batteria) è un dispositivo in grado di convertire energia chimica in energia elettrica, modificando la propria composizione con il passare del tempo generando una corrente elettrica sfruttabile "una tantum".

Un accumulatore elettrico è invece un dispositivo che assorbe al proprio interno energia elettrica rilasciandola quando necessario, e che può essere caricato e scaricato più volte. Viene comunemente chiamato "pila (o batteria) ricaricabile". Viene da sé che tutte le "batterie" presenti nei telefoni cellulari sono in realtà degli accumulatori elettrici, offrendo ovviamente la possibilità di essere ricaricate una volta esaurita la carica iniziale. La distinzione aiuta a capire che le moderne batterie mobili non sfruttano

leggi chimiche producendo energia al proprio interno, ma sono delle semplici "spugne" che assorbono l'energia elettrica che gli viene fornita e la restituiscono per gradi quando necessario. Per misurare questa capacità di accumulare e restituire carica elettrica sono necessarie delle unità di misura dedicate, che aiutano a capire meglio il comportamento, i pregi e i difetti delle differenti tipologie di prodotti.

Se per le pile si devono utilizzare concetti relativi alla chimica per le batterie ricaricabili è sufficiente una conoscenza base dell'elettrotecnica. I dati più importanti sono la tensione elettrica e la carica elettrica. La tensione, misurata in volt (V), rappresenta la differenza di potenziale tra i capi della batteria ed è tipica per ogni tecnologia impiegata. Ad esempio le moderne celle agli ioni di litio hanno una tensione



Le pile, come quella inventata da Volta (a destra), convertono energia chimica in energia elettrica. Una volta esauriti i reagenti della reazione chimica, la pila è inutilizzabile. Le moderne batterie ricaricabili, o accumulatori elettrici, immagazzinano energia durante la carica e la cedono poi in un secondo momento a seconda delle esigenze. Una volta esaurite possono essere ricaricate.





## CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI ACCUMULATORI OGGI IN COMMERCIO

| Materiale                   | NiCd<br>(nichel cadmio) | NiMH<br>(nichel metallo ioduro) | Li-ion<br>(ioni di litio) | Li-Poly<br>(litio-polimero) | LiFePO <sub>4</sub><br>(litio-ferro-fosfato) |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|
| Energia/peso (Wh/Kg)        | 40 - 60                 | 60 - 120                        | 167                       | 130 - 200                   | 115  |
| Energia/volume (Wh/L)       | 50 - 150                | 140 - 300                       | 270                       | 300                         | 220  |
| Potenza/peso (W/Kg)         | 150                     | 250 - 1.000                     | 1.800                     | max 2.800                   | > 3.000                                      |
| Prezzo per Wh (€/Wh)        | 0,4                     | 0,5                             | 0,15 - 0,3                | 2                           | 0,5 - 2,5                                    |
| Tempo di vita               | 36 mesi                 | 36 mesi                         | 24-36 mesi                | 24-36 mesi                  | > 10 anni                                    |
| Cicli vita                  | 2.000                   | 500 - 1.000                     | ~ 1.200                   | > 1.000                     | > 2.000                                      |
| Tensione nominale cella (V) | 1,2V                    | 1,2V                            | 3,6 / 3,7V                | 3,7V                        | 3,2V   |
| Tempo di carica (ore)       | 1,5                     | 4                               | 2 - 4                     | 2 - 4                       | 0,25 - 1                                     |

operativa compresa tra 3,6 e 3,7 volt, mentre una ai polimeri di litio ha una tensione di 3,2 volt. La capacità di carica si misura normalmente in ampere-ora (Ah) (o in millesimi tramite il suo sotto-multiplo mAh). Indica la capacità della batteria tramite il rapporto tra durata temporale e corrente offerta.

Questo indicatore, presente su tutte le batterie è tra i più particolari presenti nell'elettrotecnica, in quanto non definisce una misura esatta in ogni condizione, ma solo in quella standard. Ad esempio una batteria da 10 Ah può teoricamente fornire 1 ampere (A) di corrente per 10 ore, oppure 10 A per 1 ora filata. In realtà non è così, aumentando la corrente richiesta la durata diminuisce e una batteria del genere, pur essendo accreditata di 10 Ah potrà offrire 10 A per circa 40 minuti. Il dato è comunque molto utile per confrontare batterie diverse, visto che include sempre le condizioni medie di utilizzo di un accumulatore.

Altri dati importanti, soprattutto per analizzare le tecnologie che ci attendono in futuro, sono l'energia specifica (Wh/kg), ovvero l'energia immagazzinata per unità di massa, indicativo del peso di una batteria in rapporto alla propria capacità. La densità di energia (Wh/L) indica invece quanto è possibile concentrare l'energia in un determinato volume, dato molto interessante relativamente alla miniaturizzazione dei componenti. Gli altri dati tecnologicamente importanti sono

l'efficienza di carica e scarica (ovvero che parte dell'energia immessa viene effettivamente immagazzinata e quale parte di quella immagazzinata viene effettivamente rilasciata), il ritmo di autoscarica (la percentuale di scarica a batteria non utilizzata per unità di tempo) e il numero di cicli di carica/scarica permessi (prima che la percentuale di carica massima scenda sotto una determinata soglia).

Con questi dati possiamo valutare le tecnologie attuali e iniziare a chiederci quali possono essere le evoluzioni tecnologiche tali da permettere un nuovo salto evolutivo nel settore.

### Le differenti tecnologie attualmente sul mercato

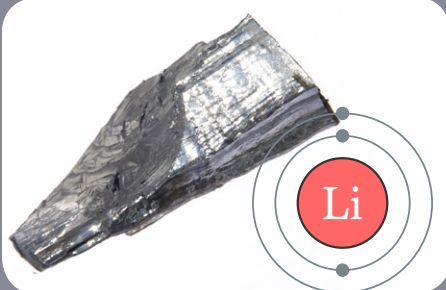
All'interno dei dispositivi attualmente in commercio trovano posto diverse tecnologie di accumulo di carica, con caratteristiche anche molto diverse tra di loro, costruite utilizzando sia materiali sia principi elettrici differenti, che le rendono adatte a compiti diversi e caratterizzate da costi ben diversi.

Tralasciando tutte le pile, quindi i dispositivi non ricaricabili, ci sono alcune diverse varianti di una macrocategoria di prodotti, presente sul mercato da anni ma che non accenna a essere messa in disparte: gli ioni di litio, che ha ormai soppiantato le precedenti nichel cadmio (NiCd) e nichel metallo ioduro (NiMH). Queste ultime hanno rappresentato l'entrata in scena delle

batterie ricaricabili e si trovavano solitamente nei formati stilo AA o ministilo AAA, con tensione operativa di 1,2 volt e con buone capacità di ricarica. Con l'evoluzione tecnologica e la necessità di plasmare le batterie sia come forma sia come dimensioni alla volontà di designer e ingegneri questi modelli sono ormai quasi abbandonati, in favore delle tecnologia che di fatto domina il mercato da anni: gli ioni di litio.

Grazie alla propria grande poliedricità gli ioni di litio sono impiegati oggi per alimentare una vasta gamma di dispositivi, dai telefoni cellulari o smartphone ai tablet o notebook, senza dimenticare il crescente mercato delle auto elettriche o ibride. Questa tecnologia si caratterizza da un'energia specifica molto alta – rispetto a tutte le tecnologie passate – ed è nella pratica quella che ha permesso all'evoluzione tecnologica di arrivare allo stato dell'arte attuale. Con circa 160 Wh/kg è possibile creare batterie da 3,7 volt per telefoni cellulari con un peso di circa 30 grammi e oltre 2.000 mAh. Giusto per fare un confronto generazione basti pensare che le ultime con tecnologia NiMH prodotte avevano una capacità di circa 700 mAh e pesavano oltre 75 grammi.

Il funzionamento proprio di questa tecnologia è abbastanza semplice e permette ai produttori di costruire accumulatori di ogni forma e dimensione, in modo da soddisfare le più disparate richieste di mercato. Tradizionalmente vengono prodotte batterie su misura per



## LITIO, LEGGERO E INDISPENSABILE

Il litio è l'elemento chimico con numero atomico 3 sulla tavola periodica. È il più leggero elemento solido e il terzo in assoluto dopo idrogeno ed elio; è costituito da soli 3 protoni, 4 neutroni e 3 elettroni. Appartiene al gruppo 1 dei metalli alcalini e come tale si ossida rapidamente al contatto con l'aria. La sua particolare conformazione con due elettroni presenti nell'orbitale più interno e uno solo in quello esterno lo portano a diventare efficacemente uno ione positivo cedendo un elettrone, rendendolo di conseguenza perfetto per gli impieghi all'interno delle batterie.

smartphone e tablet, mentre vengono utilizzate celle cilindriche (di dimensioni paragonabili a quelle di una pila stilo AA) accorpate in gruppi più o meno numerosi (tipicamente 6 o 9 celle).

**Il funzionamento di questi accumulatori** sfrutta un processo elettrolitico basato su un sale di litio in cui sono immersi un catodo in ossido metallico e un anodo in carbonio. Durante il processo di carica gli ioni di litio presenti nel catodo e disciolti liberi nell'elettrolita vengono spinti all'interno dell'anodo di carbonio, che li ospita e trattiene finché non necessari. Durante la scarica gli ioni intrappolati nell'anodo scorrono verso il catodo creando così una corrente elettrica sfruttabile.

Il processo di carica si compone due fasi distinte, una prima a corrente costante

necessaria a elevare la tensione delle celle al loro valore nominale, migrando una piccola parte degli ioni di litio dal catodo all'anodo. Successivamente con un periodo a tensione costante (4,2 volt) la batteria viene ricaricata per intero, fino a raggiungere la propria capacità massima (al netto del suo invecchiamento). Uno dei primi difetti riscontrabili in questi prodotti risiede proprio qui: il tempo necessario alla ricarica è infatti solitamente piuttosto elevato, con modelli in grado di caricarsi completamente in 3-4 ore e altri a cui è necessario molto più tempo. L'ordine di grandezza è comunque quello delle ore e rappresenta un grosso ostacolo nell'utilizzo delle batterie sulle automobili e una scocciatura per gli utenti di smartphone sempre più evoluti.

Le batterie agli ioni di litio sono state le prime a larga diffusione commerciale a non soffrire dell'effetto memoria, ovvero non è necessario scaricare del tutto l'accumulatore prima di ricaricarlo per evitare che la capacità massima risultasse inferiore a quella teorica. Un altro dato interessante è che il ritmo di autoscarica di questa tecnologia è molto ridotto, approssimativamente del 5% mensile a una temperatura di 25 °C. All'aumentare di quest'ultima il rateo di scarica aumenta drasticamente per via dei processi interni all'accumulatore, arrivando a 60 °C a scaricarsi completamente nel giro di qualche settimana. Le batterie agli ioni di litio, pur essendo largamente le più utilizzate nell'industria attuale, presentano però anche alcuni difetti. Innanzitutto questi dispositivi hanno un numero massimo di cicli di carica e scarica supportati, nel senso che dopo qualche centinaio di cicli la capacità totale del prodotto inizia a degradare, riducendosi sempre più rapidamente in via esponenziale. Sarà capitato a molti di notare come la batteria del proprio cellulare, dopo un paio di anni di utilizzo, cali drasticamente le proprie prestazioni e continui a degradare sempre più rapidamente. Il motivo tecnico di questa caratteristica negativa deriva dal progressivo deterioramento dei materiali interni, con l'anodo in carbonio e i sali di litio che perdono progressivamente capacità di ospitare gli ioni liberi. Altra caratteristica negativa delle batterie agli ioni di litio è la loro chimica interna non inerte. Se surriscaldate o sovraccaricate le batterie agli ioni di litio possono anche esplodere provocando danni al

dispositivo elettronico a esse collegato. Le batterie agli ioni di litio rappresentano dunque lo stato dell'arte del settore, con una penetrazione del mercato superiore al 90%. Negli ultimi anni un paio di tecnologie derivanti da quest'ultima promettono buoni passi avanti, sia in termini di prestazioni sia in termini di sicurezza.

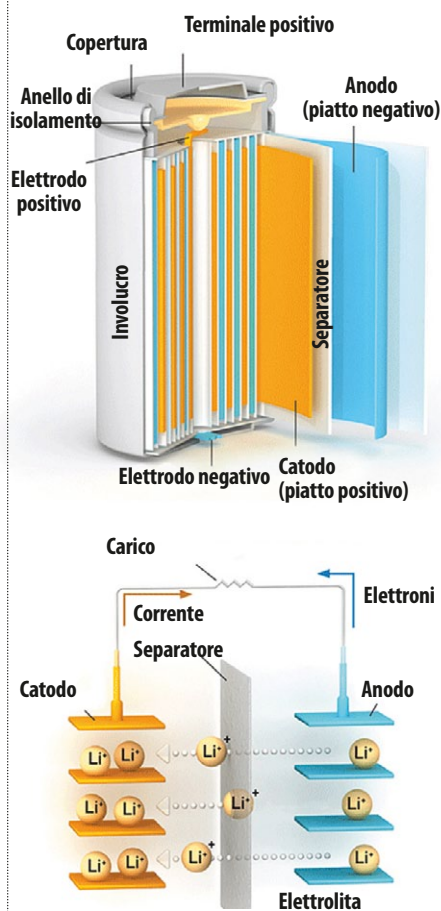
## Le tecnologie emergenti

I ricercatori delle grandi aziende produttrici di componenti elettronici e batterie sono costantemente al lavoro per cercare di migliorare quanto oggi in commercio, consapevoli del fatto che riuscire a essere i primi ad avere una nuova tecnologia capace di cambiare le carte in tavola genererebbe un vantaggio competitivo difficilmente colmabile nel breve periodo.

Per questo motivo, oltre agli sviluppi applicati alle ricerche di base, che porteranno i loro frutti tra qualche anno (e di cui parleremo più avanti), oggi grandi sforzi sono fatti per migliorare le tecnologie esistenti, massimizzandone i punti di forza e riducendo quelli a sfavore. Come visto sopra i pregi delle batterie agli ioni di litio sono la relativa semplicità di carica e costruzione, nonché un prezzo più che abbordabile. I difetti risiedono nella capacità di carica migliorabile, nel tempo necessario per la ricarica e nei problemi di surriscaldamento che potrebbero portare a incidenti.

I primi sviluppi evolutivi delle batterie agli ioni di litio riprendono un concetto sviluppato addirittura durante la guerra fredda, ma che è stato affinato e rivisto negli ultimi anni da colossi come Toshiba e Sanyo. Parliamo delle batterie litio-polimero, evoluzione diretta delle ioni di litio e basate sul medesimo processo di carica e scarica. La differenza sostanziale è che l'elettrolita di sali di litio non è contenuto in un solvente organico, ma in un composto di polimero solido. I vantaggi sono molteplici, dalla non infiammabilità di quest'ultimo (rispetto ai rischi esplosivi del primo) alla densità energetica superiore di circa il 20%. La tensione operativa è simile a quella delle tradizionali ioni di litio e il processo di ricarica molto simile, con una grande attenzione però alla tensione massima applicata, dato che questi modelli sono più sensibili a rotture se sovraccaricati. Un grande miglioramento in questa fase è però possibile dato che, una volta

## BATTERIA IONI DI LITIO



Il funzionamento sfrutta un processo elettrolitico basato su un sale di litio in cui sono immersi un catodo in ossido metallico e un anodo in carbonio.

Fonte: HowStuffWorks



I nuovi MacBook Air sono tra i primi modelli a includere una batteria litio polimero, permettendo di ottenere un'autonomia migliore e un tempo di ricarica ridotto.

superata la prima fase a corrente costante, quando la tensione operativa delle celle è stata riportata ai valori nominali, è possibile inserire una corrente molto superiore che consente tempi di ricarica nettamente inferiori al passato.

Prototipi in grado di caricarsi in meno di 5 minuti sono già stati mostrati da anni e sul mercato attuale sono presenti (solo in Giappone) alcuni piccoli dispositivi in grado di caricarsi completamente in circa 3 minuti. Per contro le batterie litio-polimero hanno un tasso di degrado superiore a quelle agli ioni di litio, arrivando a circa 500 cicli di carica e scarica prima di un degrado considerevole. Solo con gli ultimi modelli si sta superando questo problema, non raggiungendo però ancora i valori propri della tecnologia base.

Un filone secondario della ricerca ha portato allo sviluppo delle batterie litio-polimero in film sottile, in grado di supportare oltre 10.000 cicli completi di carica e scarica, rappresentando uno dei più promettenti prodotti in arrivo per il prossimo anno.

**Seconda digressione dal tema ioni di litio** sono gli accumulatori litio-ferro-fosfato. In queste batterie, strutturate come le tradizionali agli ioni di litio, il catodo è stato sostituito con un composto di litio, ferro e fosfato, che offre molte caratteristiche migliorative rispetto ai modelli oggi più diffusi.

In particolare un catodo così costruito presenta un costo inferiore e una

capacità specifica superiore rispetto al catodo in ossido metallico (ossido di cobalto o ossido di manganese) utilizzati normalmente. Il ciclo di vita di questo composto è anche superiore a quello tradizionale con oltre 2.000 cicli completi di carica e scarica supportati, oltre che la presenza di una bassissima corrente di auto scarica e tempi di ricarica molto bassi, anche inferiori a mezz'ora.

Purtroppo due difetti rendono questi prodotti non ancora pienamente competitivi: per ottenere tali prestazioni è necessario un periodo iniziale di rodaggio e la ricarica rapida le degrada in maniera superiore a quella lenta, riducendo il numero di cicli di vita supportati.

### Le batterie del futuro

La ricerca nel settore delle batterie, sia di base sia applicata, negli ultimi anni ha avuto un notevole incremento di fondi e di contributi da altri settori. Il nuovo millennio, l'esplosione dei dispositivi mobile e le paure relative all'inquinamento e alla futura scarsità di combustibili fossili per applicazioni automobilistiche, hanno infatti spinto molti a intraprendere ricerche in questo promettente settore.

Come accennato in precedenza è ovvio che una rivoluzione in questo campo porterebbe al nuovo monopolista un vantaggio competitivo difficilmente

colmabile in breve tempo e un conseguente successo sul mercato di proporzioni difficilmente immaginabili.

La ricerca, oltre all'evoluzione di quanto già presente, si è concentrata su nuovi concetti e nuovi materiali, cercando di costruire una generazione rivoluzionaria di accumulatori in grado di soddisfare le esigenze sempre maggiori degli utenti.

I punti focali di tutti i progetti sono praticamente gli stessi e mirano a rimuovere i difetti attualmente in essere delle tecnologie energetiche. Lo sviluppo si è infatti concentrato su due aree ben definite, una relativa alla capacità a parità di peso e volume (in modo da aumentare l'autonomia di ogni dispositivo o di permettere, a parità di autonomia, di fornire servizi più evoluti) e l'altra relativa alla velocità di ricarica. Quest'ultima in particolare permetterebbe un nuovo modo di utilizzare i propri dispositivi e potrebbe anche coprire parzialmente un eventuale mancanza nell'aumento della capacità delle batterie. Poter ricaricare il proprio cellulare in 10 secondi o un'auto elettrica in 5 minuti eliminerebbe una serie di barriere tecnologiche che limitano la diffusione del progresso.

Nel seguito vi mostreremo alcuni progetti di ricerca che promettono di cambiare il settore nei prossimi cinque anni. Capacità, ricarica rapida e costi ridotti, questi sono gli obiettivi dichiarati di tutti i ricercatori del mondo.

### Litio, in 3D

Il primo progetto, sviluppato direttamente da ricercatori interni dell'università dell'Illinois, si basa su uno sviluppo inatteso derivante dall'attuale tecnologia basata sugli ioni di litio.

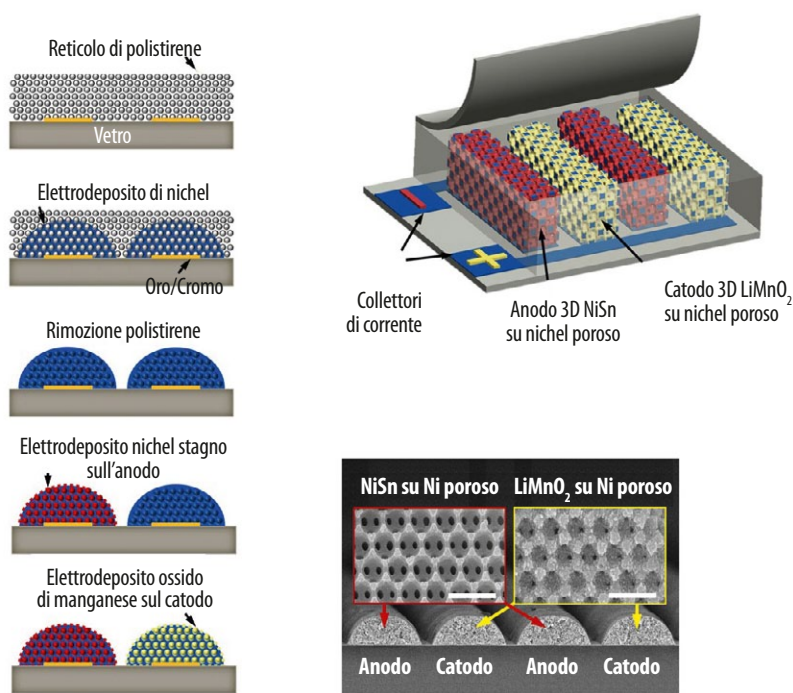
La promessa fatta dai ricercatori è quella di modificare uno dei punti fermi dei prodotti attuali: a oggi infatti una batteria



**Le batterie basate sulla tecnologia litio ferro fosfato possono rimpiazzare tutte quelle tradizionali oggi in commercio. I produttori all'opera per realizzarle utilizzano infatti il medesimo fattore di forma per rendere possibile una più rapida ingegnerizzazione del processo e integrazione di questa tecnologia nei dispositivi esistenti.**



## LA PRODUZIONE DELLE BATTERIE AL LITIO POROSO



Ecco il processo di produzione delle batterie al litio poroso in 3D. Lo schema illustra i passi principali e un ingrandimento al microscopio delle strutture risultanti di anodo e catodo.

può avere un'elevata potenza (watt) oppure un'elevata energia (Wh), ma non entrambe. Una batteria molto potente non può fornire la sua potenza di picco per molto tempo, mentre batterie che possono fornire continuamente un'energia elevata non possono avere una potenza troppo alta. I due estremi sono in questo caso rappresentati dai supercondensatori e dalla pila a combustibile (come le celle a idrogeno); i primi ad esempio immagazzinano migliaia e migliaia di watt in uno spazio ristretto fornendoli a richiesta in maniera istantanea per pochi secondi al massimo, la seconda fornisce energia per un lunghissimo periodo ma senza poter offrire picchi troppo elevati.

I ricercatori dell'università dell'Illinois hanno preso un dispositivo che sta nel mezzo (la batteria agli ioni di litio) e l'hanno modificato radicalmente. La nuova tecnologia, che definiremmo litio poroso 3D, può offrire fino a 2.000 volte più potenza dei prodotti tradizionali e ricaricarsi completamente in una frazione del tempo necessario ai dispositivi attuali, nell'ordine delle decine di secondi. Lo sviluppo è partito dalla consapevolezza che nelle batterie a litio tradizionali

gli ioni sono, a batteria carica, inseriti nell'anodo in attesa di una richiesta energetica. Durante la scarica tali ioni escono dall'anodo e, attraverso l'elettrolita, si spostano nel catodo facendo di conseguenza scorrere corrente elettrica inversa sul carico esterno collegato ai due.

La velocità di estrazione dall'anodo e di inserimento nel catodo determina la potenza massima che le batterie possono fornire e, visto che l'operazione di estrazione degli ioni da un materiale solido non è certo istantanea, abbiamo potenze ancora piuttosto limitate. La velocità di ricarica, ovvero il processo inverso, è limitata anche in questo caso dai materiali

*«Lo sviluppo si concentra su due aree ben definite: aumentare la capacità (a parità di volume e peso) e diminuire i tempi di ricarica»*

utilizzati; non è infatti possibile, tramite una corrente elevatissima inserire velocemente gli ioni nel materiale senza distruggerlo. Per la ricarica sono necessarie delle ore applicando una tensione e una corrente prefissata.

**Le nuove batterie rivoluzionano il concetto** stesso di costruzione dei prodotti oggi sul mercato. Se le limitazioni derivano infatti dal materiale utilizzato per anodo e catodo, gli sforzi dei ricercatori si sono concentrati proprio su questo punto, creando nuovi materiali in grado di garantire un maggior flusso di inserzione ed estrazione di ioni di litio.

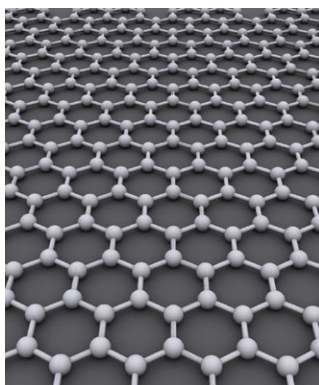
L'idea di base della ricerca è quella di sfruttare la porosità di un materiale in modo da costruire un anodo e un catodo che abbiano internamente delle cavità in cui possono essere inseriti (o estratti) con pochissimo sforzo gli ioni. Per comprendere meglio possiamo fare un esempio della struttura nel mondo macroscopico, paragonando il nuovo materiale a una spugna e quello normalmente utilizzato a un pezzo di legno. Entrambi hanno la proprietà di assorbire acqua (gli ioni di litio), ma il legno deve essere immerso per lungo tempo per assorbirla, mentre la spugna impiega pochi secondi. L'estrazione è simile, con il legno che rilascia molto lentamente, anche se necessaria, l'acqua interna, mentre una spugna è molto più libera da questo punto di vista. Tecnicamente i ricercatori hanno utilizzato una tecnica simile alla fotolitografia adottata per la realizzazione dei moderni transistor per creare la nuova generazione di accumulatori.

Se una batteria agli ioni di litio (vista nelle scorse pagine) è dotata di un semplice anodo e un catodo intervallati dall'elettrolita (magari arrotondati in più strati) la nuova generazione cambia anche dal punto di vista geometrico. Come vedete dalle immagini in questa pagina ogni batteria è costituita da più anodi e catodi, collegati in parallelo e posti uno di fianco all'altro, massimizzando di fatto la superficie di scambio e permettendo maggiori densità di energia.

La costruzione di ciascuno dei due si basa sul deposito di uno strato di polistirene al di sopra dei collettori comuni per l'anodo e il catodo, nel quale viene iniettato (tecnicamente elettrodepositato) del nichel che, una volta rimosso il polistirene, mantiene la forma a nido d'ape tipica di quel materiale plastico. L'anodo e il catodo vengono a questo punto riempiti con composti rispettivamente di nichel



Illustrazione di un foglio di grafene, che arrotolato prende il nome di nanotubo di carbonio.



...e le versioni moderne, ancora largamente utilizzate.

stagno e ossido di litio manganese in modo da ricreare una struttura in grado di emettere e ricevere ioni di litio e funzionare come un vero accumulatore. I primi prototipi sono già stati costruiti e testati in laboratorio, si attende un affinamento del processo che dovrebbe portare sul mercato questi rivoluzionari prodotti nel 2015.

### Edison e il grafene

Un punto fermo nella storia delle batterie ricaricabili sono le ferro nichel inventate da uno dei più grandi geni della storia moderna: Thomas Edison. L'accumulatore che prende il suo nome utilizzava elementi semplici e un sistema costruttivo intuitivo e riproducibile (d'altronde parliamo del 1901 e di prodotti che sono stati uno dei pilastri dell'evoluzione dell'auto elettrica).

Utilizzate in massa per applicazioni minerarie e per alimentare l'industria dell'auto elettrica dei primi del '900 le batterie ferro nichel si caratterizzavano per un'estrema capacità di funzionare a ogni temperatura e resistere a stress fisici anche intensi, oltre che supportare numerosissimi cicli di ricarica, ben superiori a quanto possibile con le batterie moderne. Sono costruite con un catodo in idrossido di nichel e un anodo in ferro, immersi in un elettrolita

di idrossido di potassio; tutti materiali che rendono questa batteria resistente anche a sovraccarichi e cortocircuiti ma che, per via della bassa solubilità dei reagenti nell'elettrolita rendono la batteria in grado di supportare numerosissimi cicli di ricarica, ma permettono una carica e una scarica molto lente con poca energia in gioco. Questo è dovuto al processo interno di carica e alla presenza di un elemento particolare come il ferro. Durante la scarica la parte esterna dell'anodo si scioglie all'interno dell'elettrolita, formando idrossido di ferro. Questo materiale, che circonda l'anodo, riduce pian piano le potenzialità della batteria, fino a scarica completa. Durante la ricarica l'idrossido di ferro si ricombina con l'anodo e ricostituisce la situazione iniziale. Ottima batteria insomma, ma decisamente lenta sia come carica che come scarica.

L'evoluzione di questa tecnologia arriva con la scoperta di un nuovo materiale, che negli ultimi anni sta inserendosi in praticamente tutti i settori di ricerca scientifica: il grafene.

**Il grafene è un materiale costituito da solo carbonio.** Definire materiale il grafene è però forse troppo in quanto si tratta sostanzialmente di un foglio composto da soli atomi di carbonio collegati tra loro in una struttura esagonale

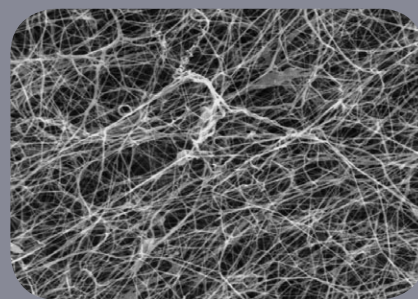
dallo spessore limitato a un solo atomo. Arrotolando il grafene, come si farebbe con un foglio di carta, si può ottenere un piccolo cilindro cavo costituito da soli atomi di carbonio, creando una struttura che è stata battezzata "nanotubi di carbonio".

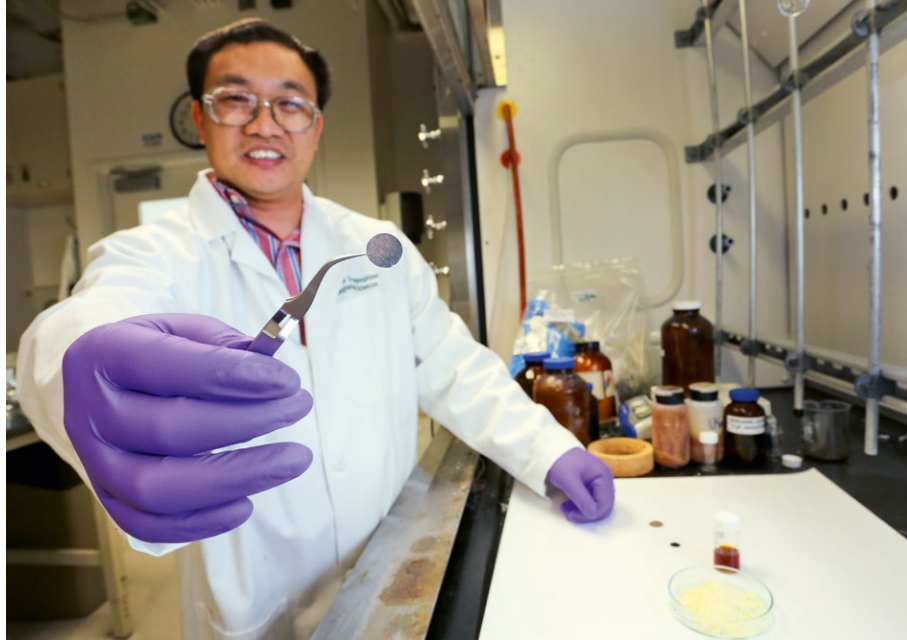
È proprio combinando queste tecnologie che l'università di Stanford è riuscita a costruire una batteria che combina le ottime potenzialità di quella originale di Edison con l'ottima conduttività elettrica del carbonio. In pratica, invece di utilizzare un anodo in ferro e un catodo in idrossido di nichel hanno sfruttato la struttura del grafene e dei nanotubi di carbonio facendo depositare su di essi, come un reticolo conduttore, gli atomi di ferro o di nichel. Questa tecnologia, che permette di realizzare un legame chimico tra i metalli e il carbonio, ne incrementa notevolmente la conducibilità permettendo alle cariche di muoversi velocemente da uno all'altro e risolvendo i problemi di lentezza nella carica e scarica, in quanto avendo una struttura fissa sulla quale appoggiarsi le reazioni chimiche con l'elettrolita avvengono in maniera molto più veloce.

I prototipi realizzati hanno permesso di verificare le prime prestazioni, con la realizzazione di campioni in grado di fornire 1,2 volt e caricarsi in meno di due minuti. Visti i materiali in gioco,

## CELLULOSA, ALTERNATIVA AL LITIO

**L**a natura ci riserva sempre infinite sorprese e possiamo sempre imparare qualcosa da essa. I ricercatori dell'università del Maryland hanno studiato a fondo come le piante riescano a trasmettere segnali elettrici al loro interno e sono arrivati alla conclusione che è possibile sviluppare batterie... di legno. In realtà hanno utilizzato una struttura in cellulosa all'interno della quale è stato inserito un elettrolita a base di ioni di sodio e costruito una batteria. A oggi i risultati sono buoni, con batterie funzionanti in grado di offrire quasi le stesse prestazioni delle controparti agli ioni di litio. Il prossimo problema da risolvere? La durata ridotta della struttura in cellulosa.





i diffusissimi ferro, nichel e carbonio, queste batterie sono anche tra le più economiche in assoluto e non risentono di eventuali problemi futuri nella ricerca di terre rare necessarie per la loro costruzione. Se la ricerca continuerà di questo passo i ricercatori stimano di poter portare sul mercato prodotti finiti entro il 2017.

**La prima batteria al solfuro di litio (sopra) in stadio prototipale. Già questo piccolo bottone potrebbe aumentare la durata del vostro cellulare rispetto alla batteria che avete in dotazione.**

**Un ricercatore dell'istituto Fraunhofer al lavoro sulle batterie al solfuro di litio**



## Solfuro di litio

Gli scienziati del ORNL (*Oak Ridge National Laboratory*), famoso anche per ospitare Titan, il supercomputer più veloce del mondo basato sulle schede acceleratrici Nvidia, hanno da poco annunciato una nuova rivoluzione nel settore: le batterie solide al solfuro di litio. Nelle dichiarazioni iniziali sembra un prodotto destinato a soppiantare tutto quanto oggi in commercio: secondo i ricercatori le nuove batterie basate su tale tecnologia saranno meno costose, non infiammabili e in grado di contenere 4 volte l'energia rispetto alle migliori attualmente in circolazione.

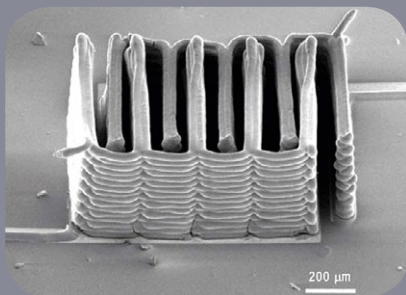
Se il quadruplo dell'energia permette già applicazioni avanzate è però la completa non infiammabilità del prodotto a garantire lo sbarco in nuovi mercati, come le automobili o gli aeroplani. La tecnologia di base è nelle discussioni tra ricercatori da almeno due decenni, per via di alcune caratteristiche che la

rendono perfetta per tali applicazioni: la densità di energia disponibile è almeno 10 volte superiore rispetto alla tecnologia agli ioni di litio, mentre il catodo costruito con lo zolfo (uno degli elementi più abbondanti e meno costosi sulla Terra) permette di ridurre i costi dell'intera batteria di oltre la metà. Lo sviluppo di questi dispositivi si è negli anni scontrato con la chimica del litio-zolfo a contatto con un elettrolita liquido. Lo zolfo, estremamente reattivo, permetteva di solito un numero limitatissimo di cicli di carica e scarica (inizialmente solo uno), vanificando lo scopo delle batterie ricaricabili.

Gli scienziati del ORNL hanno però sviluppato un nuovo elettrolita allo stato solido in grado, in abbinamento a un nuovo catodo costruito in polifosfato di zolfo di eliminare alla radice questo problema. I prototipi finora costruiti hanno una capacità elevatissima, stimata in 600 Wh per kg; contro le circa 160 delle ioni di litio attuali.

Altri studi sono in corso presso l'Istituto Fraunhofer di Monaco, dove si sta lavorando per aumentare la durata di questo tipo di batterie che difettano attualmente per una durata non ancora pari a quella delle altre tecnologie attualmente disponibili, sopportando al massimo 300-400 cicli prima di ridurre la propria capacità in maniera significativa.

Lo studio di questo materiale è attualmente ancora in fase prototipale, per cui non sono ancora stati ufficializzati dati più precisi. Se la ricerca proseguirà senza intoppi le previsioni stimano lo sbarco sul mercato dei primi prodotti del genere per il 2017, con un incremento prestazionale rispetto a questi primi tentativi di almeno 5 volte. Se il tutto fosse mantenuto tra quattro anni potremmo avere batterie da 10 a 20 volte più potenti delle attuali a parità di peso. A questo punto arrivare a fine giornata con il cellulare diventerebbe decisamente più facile. •



## MINI BATTERIA, STAMPATA IN 3D

Un settore in rapidissima ascesa come quello della stampa 3D non poteva non contribuire al miglioramento di quelli esistenti, come anche quello delle batterie. Le nuove possibilità di microstampa hanno permesso all'università di Harvard di creare la prima microbatteria stampata in 3D, in grado di funzionare correttamente e alimentare un vero carico. Il dispositivo è largo meno di un millimetro ed è stato costruito utilizzando le tecnologie agli ioni di litio già diffuse. Capacità e prestazioni sono in scala e quindi adatte ad alimentare dispositivi piccolissimi.