

## Una soluzione per tanti problemi

Angela Belcher ricorre alla strumentazione biologica per affrontare i problemi sociali nei campi dell'energia, dell'ambiente, dell'assistenza sanitaria.

**Martin LaMonica**



**N**ell'inverno del 2009 due studenti universitari di Angela Belcher, docente presso il Department of Materials Science and Engineering del MIT, stavano cercando di rifinire gli strumenti biologici con i quali realizzare materiali per elettrodi di batterie. Le mostrarono una piastra di Petri contenente un virus che avevano ingegnerizzato affinché si legasse a materiali, fosfati di ferro e nanotubi di carbonio, con cui solitamente non avrebbe avuto alcuna affinità. Il virus aveva unito i due materiali in sottili fili, che si sarebbero in seguito rivelati capaci di prestazioni paragonabili a quelle degli elettrodi in uso nelle batterie agli ioni di litio in commercio.

Per gli studenti si trattava di un risultato promettente. Per lei, invece, si trattava di qualcosa di molto più grande, la realizzazione di un'audace idea a cui le era stato consigliato di rinunciare: «Il mio sogno era di utilizzare la genetica, o controllare il DNA, per realizzare nuovi dispositivi attualmente impossibili».

Le batterie, però, sono solo una delle tante cose realizzabili con il Toolkit elaborato dalla Belcher. Si possono ingegnerizzare virus, e in alcuni casi lieviti, affinché agiscano da fabbrica biologica per la produzione di materiali inorganici con forme e strutture che sarebbero altrimenti difficili da produrre. I virus sono in grado di produrre in nanoscala dei cristalli estremamente ordinati o dei fili che possono servire a una varietà di applicazioni. In effetti, la Belcher ha applicato i suoi strumenti ad alcuni dei problemi più grandi della società, dall'energia, all'ambiente, alla medicina, contribuendo al miglioramento delle celle solari e sviluppando catalizzatori capaci di separare l'i-

drogeno dall'acqua o convertire il gas naturale in prodotti chimici.

Un'azienda da lei fondata ha elaborato nuovi sistemi per produrre materiali per schermi touch-screen e il suo laboratorio ha ingegnerizzato il lievito per trasformare l'anidride carbonica delle centrali elettriche in piastrelle per il pavimento. Nel 2010, presso il David H. Koch Institute for Integrative Cancer Research del MIT, ha cominciato a lavorare allo sviluppo di strumenti diagnostici e trattamenti per il cancro.

Poi ha cominciato a sviluppare materiali per purificare l'acqua, batterie agli ioni di litio per le vetture elettriche, supercondensatori per la conservazione dell'energia.

Sorprendentemente, tutto ha avuto inizio dall'abalone. La Belcher, che aveva già operato in varie aree scientifiche presso l'Università della California di Santa Barbara, aveva deciso di utilizzarlo come oggetto di studio per il suo PhD in chimica. L'abalone produce proteine, che si combinano con gli ioni di calcio e carbonato presenti nell'acqua marina formando file di minuscoli cristalli inorganici per il guscio esterno e per un guscio interno più resistente. Nel volgere lo sguardo dalla sua finestra sull'oceano alla tavola periodica degli elementi, la Belcher si domandò se dalle proteine del guscio, abbinate ad altri elementi, si potessero creare materiali utili.

«Pensai che sarebbe stato interessante riuscire a controllare geneticamente una proteina affinché una struttura cristallina potesse addossarsi a un'altra nei semiconduttori».

Iniziò così a lavorare a dei batteriofagi a forma di matita, virus naturali che infettano i batteri. I geni del virus contengono le istru-

zioni per produrre una proteina che ne riveste la superficie. Le proteine del virus non legano naturalmente con i materiali inorganici, ma la Belcher voleva vedere se non fosse possibile ingegnerizzarli perché lo facessero. Nonostante alcune prime reazioni negative, la Belcher proseguì perché la sua esperienza con l'abalone, le cui proteine sono in grado di legare con materiali inorganici, le dava la certezza che l'idea potesse funzionare. Ad appena un anno dalla prima proposta respinta, pubblicò un documento su "Nature" in cui dimostrava che i virus potevano venire ingegnerizzati per produrre proteine capaci di legare con la superficie dei semiconduttori, per creare materiali utili in elettronica.

Con il metodo della Belcher, i ricercatori riescono a concepire innumerevoli varianti virali di un materiale, metallo o semiconduttore, identificando e isolando le proteine che meglio vi si possono legare. I virus che le producono, vengono posti in una soluzione contenente batteri che, infettati, producono milioni di copie del virus e della sua particolare sequenza di DNA.

Inoltre, ricorrendo all'ingegneria genetica, gli scienziati modificano la sequenza DNA del virus per controllarne ulteriormente le proprietà leganti. Possono quindi condizionarlo affinché assembli diversi materiali, quali l'oro e il platino, o controllare la forma delle strutture che il virus andrà a creare, stabilendo se le particelle legheranno sui fianchi o sulle estremità del virus.

Il processo è basato sull'acqua e consente agli scienziati di produrre materiali in normali condizioni ambientali. Si tratta di un grande vantaggio rispetto alle convenzionali tecniche produttive di semicondut-

tori e circuiti elettronici, che richiedono l'impiego di macchinari complessi, materiali tossici e temperature elevate.

### Disneyland per scienziati

Quando Angela Belcher lavorava presso l'Università del Texas, la sua ricerca pionieristica sulla crescita virale di materiali inorganici ha attirato molta attenzione. Contattata da diversi istituti, si è recata al MIT, che descrive come la "Disneyland per scienziati e ingegneri".

Una delle prime partnership della Belcher al MIT fu con la docente d'ingegneria chimica, Paula Hammond. Insieme decisero di lavorare a un progetto per realizzare sensori che rilevassero agenti biologici. Nel frattempo, la Belcher migliorava la scienza di base del suo armamentario di virus, espandendo la sua tavolozza di materiali. I successi con i metalli e gli ossidi metallici hanno portato a collaborazioni, oltre che con Hammond, con Yet-Ming Chiang, uno scienziato dei materiali che ha cofondato la società di batterie A123 Systems. Nel 2006, i tre hanno pubblicato una ricerca su "Science" per descrivere un metodo di crescita virale con cui produrre nanofili in ossido di cobalto, un materiale anodico per una batteria ricaricabile agli ioni di litio, su pellicole polimeriche flessibili.

Per quanto l'impresa fosse notevole, il gruppo era riuscito a creare solo una metà della batteria, che necessita sia di un anodo, sia di un catodo. In seguito, la Belcher ha collaborato con Gerbrand Ceder e Michael Stano alla ingegnerizzazione di un virus in grado di recepire fosfati di ferro sulla sua superficie e formare nanofili da utilizzare come materiale catodico. Il gruppo si è poi spinto oltre, perseguendo una batteria per automobili. La costruzione di un catodo per una batteria che si scarica rapidamente è più complessa della costruzione di un anodo perché questi elettrodi devono essere altamente conduttivi, mentre i materiali che la Belcher stava esplorando per i catodi, sono più isolanti e non conducono bene. Per risolvere questo problema, il gruppo ha ingegnerizzato un gene che costringe il virus a legarsi ai nanotubi in carbonio. Mentre i fosfati di ferro si assemblano lungo i fianchi del virus, i nanotubi si attaccano alla sua punta, creando una rete di contatti elettrici che agevolano il flusso di elettroni e migliorano la potenza della batteria.

Questo è il lavoro che ha portato alla rivoluzionaria pubblicazione del 2009 su "Science", in cui i ricercatori hanno descritto come erano riusciti a costruire un prototipo capace di eguagliare la potenza e la capacità energetica delle migliori batterie in commercio al tempo.

Concentrandosi sempre su ricerche di ampio respiro, la Belcher ha anche pensato con Paula Hammond di migliorare l'efficienza dell'energia solare. Nonostante l'economicità delle celle, la loro efficienza nel convertire la luce in elettricità non è sufficiente per applicazioni industriali o per i rivestimenti delle coperture. La ricerca su un metodo per fare sì che i virus incorporino nanotubi in carbonio nei catodi delle batterie ha però aperto un sentiero al sostanziale miglioramento della loro efficienza.

### Tante prospettive, un metodo

Mentre la Belcher raccoglieva riconoscimenti nel settore energetico, i colleghi del MIT, tra i quali il pioniere della somministrazione di farmaci, Robert Langer, l'hanno incoraggiata ad applicare al cancro la sua esperienza nella nanoscienza. «Abbiamo dovuto imparare tutto da capo», precisa la Belcher, ma ora, con il collega Sangeeta Bhatia, sta lavorando a una sonda chirurgica per localizzare tumori molto piccoli, ricorrendo a un virus ingegnerizzato che si lega sia ai nanotubi in carbonio, sia alle cellule cancerogene. Con i metodi attuali, visualizzare i tumori più piccoli di un centimetro di diametro senza ricorrere a un intervento chirurgico è spesso difficile. Nei test sugli animali, questo sistema ha però isolato tumori del diametro di un millimetro. Il gruppo della Belcher sta anche esplorando metodi per la somministrazione mirata di farmaci utilizzando virus ingegnerizzati.

Nel suo laboratorio gli esperti di discipline differenti - chimici, biologi molecolari, fisici e ingegneri meccanici - possono affrontare i diversi problemi in maniera interdisciplinare, ma il filo che lega il lavoro della Belcher è la convinzione che tecnologia e ingegneria possono aiutare a risolvere problemi sociali: «Ogni giorno mi alzo sapendo che qualcosa d'interessante sta accadendo nel laboratorio». ■

*Martin LaMonica è redattore della edizione americana di MIT Technology Review.*

## Un Toolkit, molte applicazioni

Lo sviluppo della ricerca di Angela Belcher

