



## ◆ La microscopia elettronica: un viaggio nell'incredibilmente piccolo

L'avventura della microscopia elettronica comincia con gli anni Trenta quando il fisico W. Van Ruske dimostra la fattibilità delle lenti elettromagnetiche. Infatti nel microscopio elettronico non viene impiegata la radiazione luminosa, ma un fascio di elettroni (con una energia nell'ordine di 100 kvolt) che per fornire un'immagine del campione incontrato deve essere modificato da speciali lenti. Dopo aver attraversato il campione, il fascio elettronico colpisce uno schermo fosforescente dove la sua energia viene ritrasformata in segnale luminoso. Se durante la corsa uno o più elettroni sono stati intercettati da materiale denso, sullo schermo apparirà una macchia scura. Nelle parti meno dense gli elettroni passano più facilmente e raggiungono lo schermo con maggiore energia producendo una traccia più chiara.

Il **microscopio elettronico a trasmissione (Tem, Transmission Electron Microscopy)** funziona proprio in questo modo. Oggi i Tem sono strumenti sofisticatissimi che possono raggiungere la risoluzione (la distanza minima fra due punti che si percepiscono come distinti) di 1,35 ångström (1,35 decimilionesimo di millimetro) ovvero da mezzo milione a un milione di ingrandimenti effettivi. Per avere un'idea di cosa significhi questo numero, basta pensare che le distanze fra atomi, abbastanza grandi come quelli dell'oro, misurano qualche ångström (decimilionesimo di millimetro). Il fascio elettronico nei microscopi Tem può raggiungere 1,5 megavolts (un milione e mezzo di volts) per analizzare fette molto spesse di materiale. I microscopi ad alto voltaggio vengono impiegati nello studio dei metalli e dei semiconduttori. Le sostanze biologiche verrebbero bruciate da simili scariche.

Il secondo sistema di microscopio elettronico è il **Sem (Scansion Electron Microscopy)**. "In questo strumento", spiega il professor Vitali, "un fascio molto fine di elettroni spennella la superficie da analizzare. Gli elettroni del fascio colpendo la superficie scalzano gli elettroni del materiale secondo angoli particolari. Sono gli elettroni secondari, quelli cioè che sono stati scalzati, a costruire l'immagine nel microscopio a scansione".

[...] "Il fascio elettronico di un Sem", spiega l'ingegner Ermanno Levi della Philips, "può essere usato non solo per esplorare ma anche per incidere una superficie. Nell'industria dei semiconduttori i circuiti disegnati sulla piastrina devono possedere un'altissima precisione non ottenibile con metodi ottici. Un pennello elettronico, controllato da un computer, può tracciare i circuiti con la finezza necessaria".

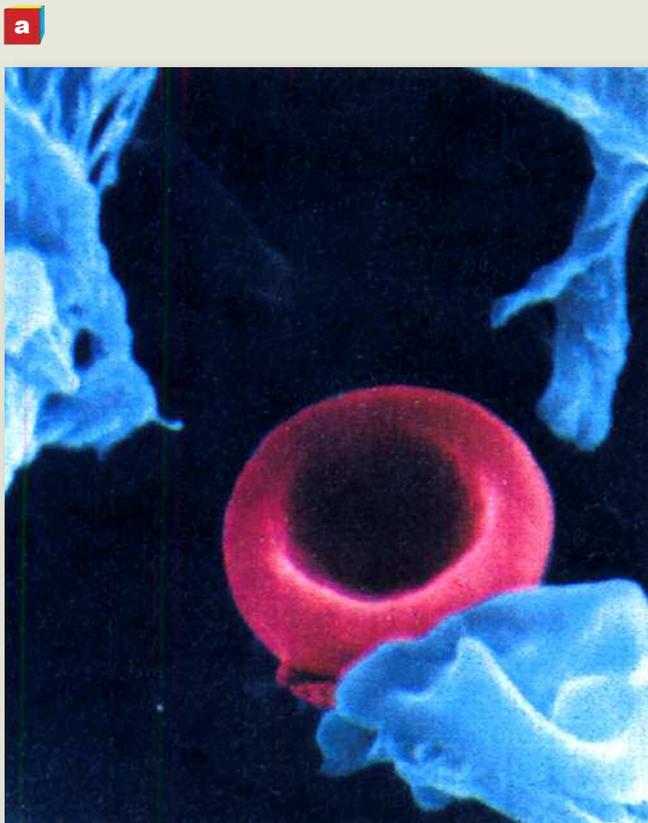
[...] Per viaggiare nell'incredibilmente piccolo la microscopia elettronica non è oggi il solo mezzo. Di recente nei centri di ricerca dell'IBM di Zurigo e di Roma i ricercatori hanno messo a punto una nuova tecnica per indagare nella struttura atomica di vari materiali. Il metodo si chiama "microscopia a effetto tunnel" e si basa su un fenomeno previsto dalla meccanica quantistica. "Spiegare in termini semplici", dice Paolo Carnevali, fisico del Centro ricerche IBM di Roma, "un effetto quantistico è una impresa ardua poiché la meccanica quantistica sembra fatta apposta per contraddire il senso comune. Possiamo tuttavia partire da questa immagine: su una superficie ci sono due buche e in una di queste si trova una pallina che oscilla sul fondo ma che non ha l'energia sufficiente per uscirne. Nell'esperienza normale, cioè nella meccanica classica, poste queste condizioni è impossibile che la pallina si trasferisca da una buca all'altra oltrepassando la parete divisoria. Ebbene, se la pallina fosse invece un elettrone e le buche dislivelli di potenziale elettrico, il passaggio da una buca all'altra diventerebbe possibile. L'elettrone, per così dire, si apre un tunnel nella barriera del potenziale elettrico".

Per sfruttare l'effetto tunnel i ricercatori del centro IBM di Zurigo hanno costruito una punta finissima del diametro di 2 ångström (due decimilionesimi di millimetro) e con questa punta esplorano la superficie dei materiali sfiorandoli ma non toccandoli. La punta rimane infatti a 3-10 ångström dalla superficie. Gli elettroni che riescono a scavare il "tunnel" saltano sulla punta portando con sé preziose informazioni.

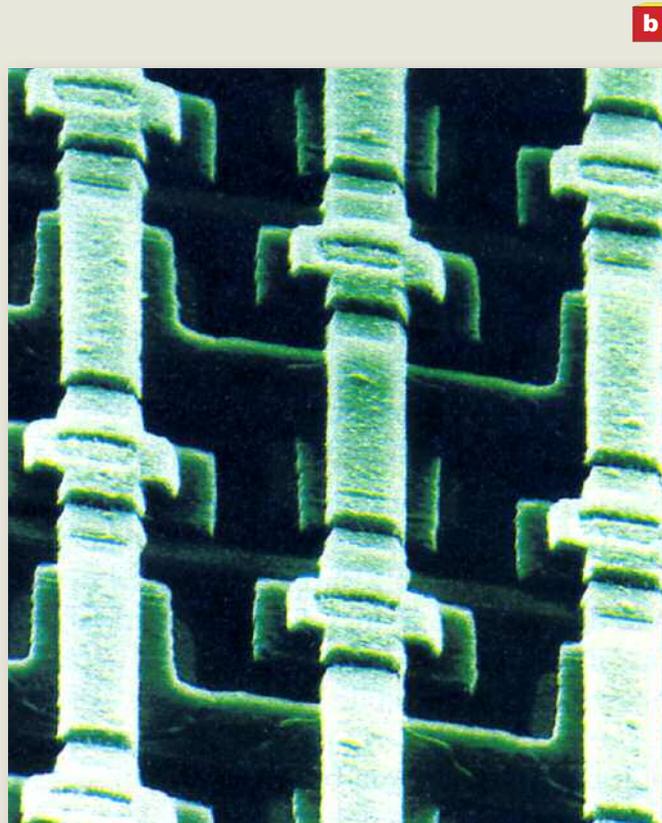
Questi dati vengono elaborati, secondo complessi modelli matematici (opera del dottor Carnevali e della dottoressa Annamaria Sellone dell'università di Roma), con dei potenti calcolatori e forniscono così un'immagine del reticolo atomico superficiale. La risoluzione di questa microscopia è dell'ordine di frazioni di ångström. Bisogna sottolineare che, contrariamente alla microscopia elettronica classica, le immagini della microscopia "tunnel" sono il frutto di una ricostruzione del calcolatore. Alcune superfici solide come quella dell'oro, della grafite, del silicio sono state analizzate con questa tecnica che verrà impiegata soprattutto nello studio dei semiconduttori.

[...] Esiste una **microscopia ionica** (la solita sigla è Sim, *Scanning Ion Microscopy*) dove il fascio che "spennella" la superficie del campione è costituito da "ioni" (nuclei atomici spogliati dei loro elettroni) di argon e di idrogeno. Il materiale bombardato dall'argon fa schizzare fuori i propri atomi e raccogliendoli con particolari tecniche si ottiene un'immagine della superficie in maniera simile al microscopio elettronico Sem. Nella microscopia "ionica" il pennello distrugge però il campione e questo fatto può rivelarsi un vantaggio inatteso. Il sottile fascio di ioni può esplorare (sfogliandola come una cipolla) la struttura profonda del campione mentre un computer si incarica di memorizzare ogni strato e ricostruire un'immagine tridimensionale. Altre microscopie come quella Auger impiegano i raggi X per scalzare gli elettroni dalle loro orbite intorno agli atomi: anche in questo caso gli elettroni "scalzati" portano preziose informazioni per individuare gli elementi chimici. Con la microscopia Auger si possono costruire mappe dove vengono individuati i diversi atomi su un totale di poche centinaia.

da L. Pinna, *E adesso vedo anche te, atomo*, "Genius", n° 18, 1986



**Fig. a.**  
Un globulo rosso del sangue umano osservato al microscopio elettronico a scansione.



**Fig. b.**  
Un particolare di un microcircuit osservato al microscopio elettronico a scansione.