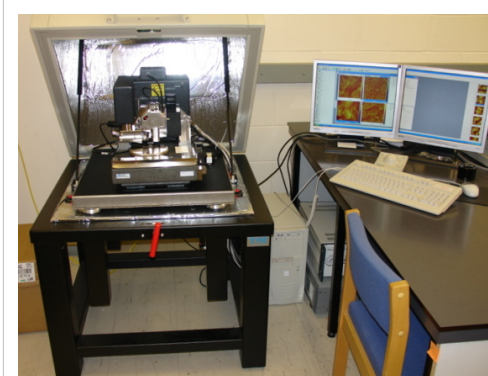


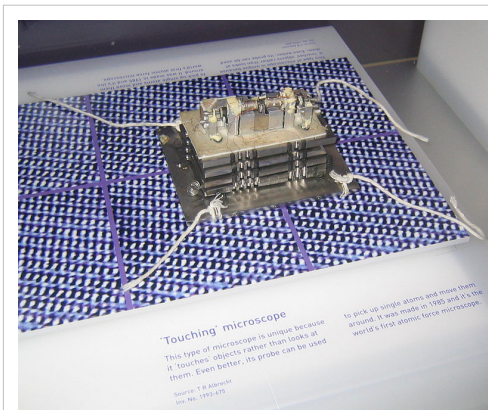
Microscopio a forza atomica

Il **microscopio a forza atomica** (spesso abbreviato in **AFM**, dall'inglese *Atomic Force Microscope*) è un potentissimo microscopio a scansione di sonda (SPM) inventato da Gerd Binnig, Calvin Quate e Christoph Gerber nel 1986.

Oltre a essere utilizzato come mezzo d'indagine, è anche uno dei principali strumenti di manipolazione della materia su scala nanometrica.

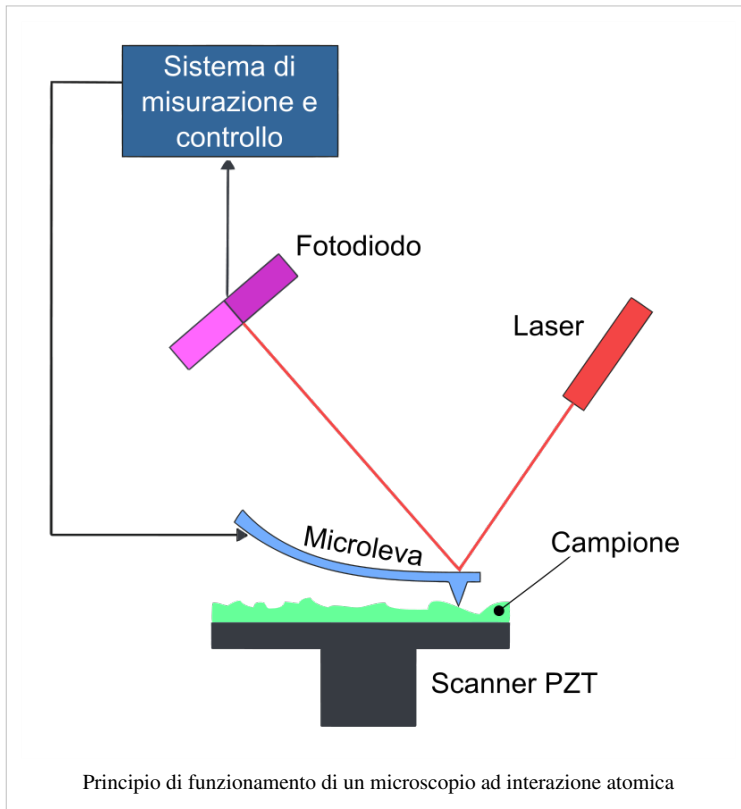


Un microscopio a forza atomica, con collegate le apparecchiature per il suo controllo



Il primo microscopio a forza atomica

Principio di funzionamento



Il microscopio a forza atomica consiste di una microleva (*cantilever*) alla cui estremità è montata una punta acuminata (*tip*), tipicamente composta di silicio o nitruro di silicio, che presenta un raggio di curvatura dell'ordine dei nanometri. La punta viene collocata nelle strette vicinanze della superficie del campione di cui si vuole effettuare la scansione.

La forza di Van der Waals che agisce tra la punta ed il campione provoca una deflessione della microleva (la cui costante elastica è nota), in accordo con la legge di Hooke.

Tipicamente, la deflessione è misurata utilizzando un punto laser riflesso dalla sommità della microleva verso una matrice di fotodiodi. Tuttavia, un sistema di rilevamento laser può essere costoso ed ingombrante; un metodo alternativo per

determinare la deflessione della microleva consiste nell'utilizzare sonde AFM piezoresistive. Queste sonde sono fabbricate con elementi piezoresistivi che fungono da estensimetri a resistenza. Le deformazioni della sonda del microscopio a forza atomica dovute alla deflessione possono essere misurate utilizzando un ponte di Wheatstone, ma questo metodo non è altrettanto preciso di quello a deflessione laser.

Se la punta fosse esplorata ad altezza costante, si correrebbe il rischio che essa possa collidere con la superficie, danneggiandola. Di conseguenza, nella maggior parte dei casi viene utilizzato un meccanismo di retroazione per regolare la distanza tra la punta e il campione al fine di mantenere costante la forza che agisce tra loro. Generalmente il campione è collocato su un tubo piezoelettrico, che può spostarlo in direzione perpendicolare (direzione z) per mantenere una forza costante e nel piano (direzioni x ed y) per analizzarne la superficie. La mappa risultante $s(x,y)$ rappresenta la topografia della superficie campione.

Modi di funzionamento

Nel corso degli anni, sono stati sviluppati diversi modi di funzionamento per il microscopio ad interazione atomica.

I principali modi di funzionamento sono:

- a contatto statico (*contact mode*)
- ad assenza di contatto dinamico (*non-contact mode*)
- a contatto dinamico (*dynamic mode*).

Funzionamento a contatto statico

Nel funzionamento a contatto, la forza agente tra la punta e la superficie campione viene mantenuta costante durante la scansione, mantenendo una deflessione costante.



Funzionamento ad assenza di contatto dinamico

Nella modalità ad assenza di contatto, la microleva viene fatta oscillare dall'esterno ad una frequenza prossima o uguale alla sua frequenza di risonanza. L'oscillazione viene modificata dalle forze di interazione tra la punta e la superficie campione; queste variazioni dell'oscillazione in rapporto all'oscillazione esterna di riferimento forniscono informazioni riguardo le caratteristiche del campione.

Funzionamento a contatto dinamico

In condizioni ambientali la maggior parte dei campioni sviluppa uno strato di menisco liquido. Per questo motivo, mantenere la punta della sonda abbastanza vicina al campione, così da poter rilevare le forze interatomiche a breve raggio, ed evitare allo stesso tempo che la punta si blocchi sulla superficie, rappresenta un ostacolo non irrilevante per la modalità dinamica ad assenza di contatto.

La modalità a contatto dinamico (detta anche a contatto intermittente) è stata sviluppata al fine di bypassare il problema.^[1] Nel funzionamento a contatto dinamico, la microleva viene fatta oscillare così che possa venire a contatto con il campione ad ogni ciclo e, successivamente, viene applicata la forza necessaria per staccare la punta dal campione.

Modulazione di frequenza e modulazione di ampiezza

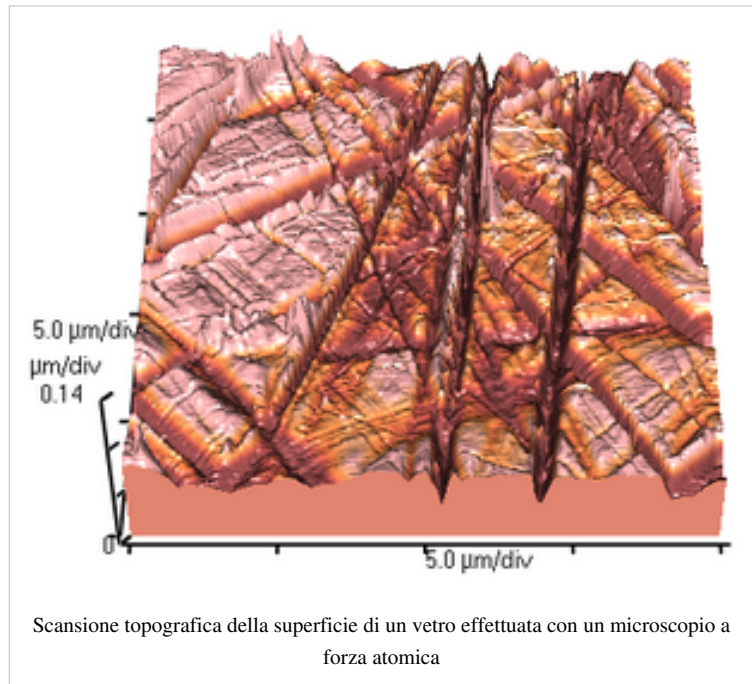
Gli schemi per i funzionamenti ad assenza di contatto e a contatto dinamico includono la modulazione di frequenza e la più comune modulazione di ampiezza.

Nella modulazione di frequenza le variazioni della frequenza di oscillazione forniscono informazioni riguardo alle caratteristiche della superficie campione. Nella modulazione di ampiezza (meglio nota come contatto ad intermittenza o modalità *tapping*), le variazioni nell'ampiezza di oscillazione producono informazioni topografiche della superficie campione. In aggiunta, le variazioni di fase delle oscillazioni nella modalità *tapping* possono essere usate per discriminare tra differenti tipologie di materiali sulla superficie.

Vantaggi

Il microscopio a forza atomica presenta diversi vantaggi rispetto al microscopio elettronico: Diversamente da quest'ultimo, che fornisce una proiezione bidimensionale o un'immagine bidimensionale di un campione, l'AFM produce un reale profilo tridimensionale della superficie; inoltre i campioni analizzati da un microscopio ad interazione atomica (AFM) non richiedono nessun trattamento speciale (metallizzazione e grafitizzazione) che potrebbe modificare o distruggere irrimediabilmente il campione.

Mentre un microscopio elettronico per un funzionamento corretto necessita di un costoso ambiente sottovuoto, la maggior parte delle modalità operative del microscopio ad interazione atomica (AFM) funzionano perfettamente nell'ambiente normale o perfino in un ambiente liquido. Ciò lo rende un ottimo strumento per lo studio di macromolecole biologiche e di organismi viventi.



Svantaggi

Il principale svantaggio del microscopio a forza atomica rispetto al microscopio elettronico a scansione (SEM) consiste nelle dimensioni dell'immagine: il microscopio elettronico a scansione (SEM) è in grado di mostrare un'area dell'ordine del millimetro per millimetro ed una profondità di campo dell'ordine del millimetro; il microscopio a forza atomica può invece riprodurre solo una profondità dell'ordine del micrometro ed un'area massima di circa 100 per 100 micrometri.

Un altro inconveniente di tale strumento è che l'elevata risoluzione e la qualità delle immagini sono limitate dal raggio di curvatura della sonda e una scelta errata della sonda può portare anche alla formazione di artefatti.

Inoltre tale microscopio non è in grado di analizzare le immagini altrettanto velocemente di un microscopio elettronico a scansione: per effettuare la scansione di un'area ci vogliono tipicamente diversi minuti con un microscopio a forza atomica, mentre un microscopio elettronico a scansione (una volta effettuato il vuoto nella colonna) è in grado di esplorarla quasi in tempo reale (anche se con una qualità relativamente bassa). I lunghi tempi impiegati per formare l'immagine possono anche portare molto spesso al *drift* termico dell'immagine. Per questo motivo il microscopio a forza atomica può non rilevarsi adatto per misurare in modo accurato le distanze tra gli artefatti di tali immagini.

Infine molte immagini AFM sono caratterizzate dall'isteresi dei materiali piezoelettrici e dai disturbi nella trasmissione prodotta da alterazione o disordine nei segnali fra i diversi canali degli assi (x,y,z). L'immagine deve essere perciò post-processata e filtrata con un opportuno software.

Importanti passi in avanti sono stati effettuati con la progettazione del video-AFM, con il quale si possono ottenere delle immagini di buona qualità e in tempi inferiori a quelli del SEM.

Voci correlate

- Analisi dei guasti
- Nanotecnologia

Bibliografia

- Q. Zhong, D. Innis, K. Kjoller, V.B. Elings, Surf. Sci. Lett. 290, L688 (1993).
- Nan Yao,Zhong Lin Wang, *Handbook of microscopy for nanotechnology*, Springer Science & Business, 2005. ISBN 1402080034

Note

- [1] Zhong e altri
-

Fonti e autori delle voci

Microscopio a forza atomica *Fonte:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?oldid=30341778> *Autori:* Aushulz, Dj ture, Gac, Jalo, Luisa, Marcuscalabresus, Montinar, Pmauri76, Snowdog, Sommacal alfonso, 13 Modifiche anonime

Fonti, licenze e autori delle immagini

File:Atomic force microscope by Zureks.jpg *Fonte:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Atomic_force_microscope_by_Zureks.jpg *Licenza:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Autori:* User:Zureks

File:Atomic Force Microscope Science Museum London.jpg *Fonte:* http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Atomic_Force_Microscope_Science_Museum_London.jpg *Licenza:* GNU Free Documentation License *Autori:* John Dalton

File:Atomic force microscope block diagram (it).svg *Fonte:* [http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Atomic_force_microscope_block_diagram_\(it\).svg](http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Atomic_force_microscope_block_diagram_(it).svg) *Licenza:* Public Domain *Autori:* User:Aushulz, User:Twisp

File:AFM (used) cantilever in Scanning Electron Microscope, magnification 1000x.JPG *Fonte:* [http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:AFM_\(used\)_cantilever_in_Scanning_Electron_Microscope,_magnification_1000x.JPG](http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:AFM_(used)_cantilever_in_Scanning_Electron_Microscope,_magnification_1000x.JPG) *Licenza:* Creative Commons Attribution-Sharealike 3.0 *Autori:* User:Materialschemist, User:SecretDisc

File:300px-AFMsamplesurface.png *Fonte:* <http://it.wikipedia.org/w/index.php?title=File:300px-AFMsamplesurface.png> *Licenza:* sconosciuto *Autori:* Archeologo, Pmauri76, Snowdog

Licenza

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>