

MIKROSKOP SIŁ ATOMOWYCH (AFM) W ANALIZIE POWIERZCHNI MATERIAŁÓW

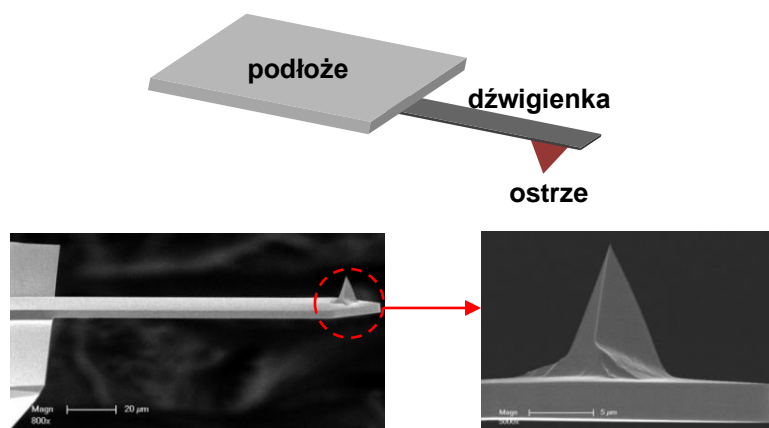
Cel ćwiczenia

Ćwiczenie ma na celu zapoznanie studentów z podstawami techniki mikroskopii sił atomowych i zastosowanie jej do analizy powierzchni materiałów.

Podstawy teoretyczne

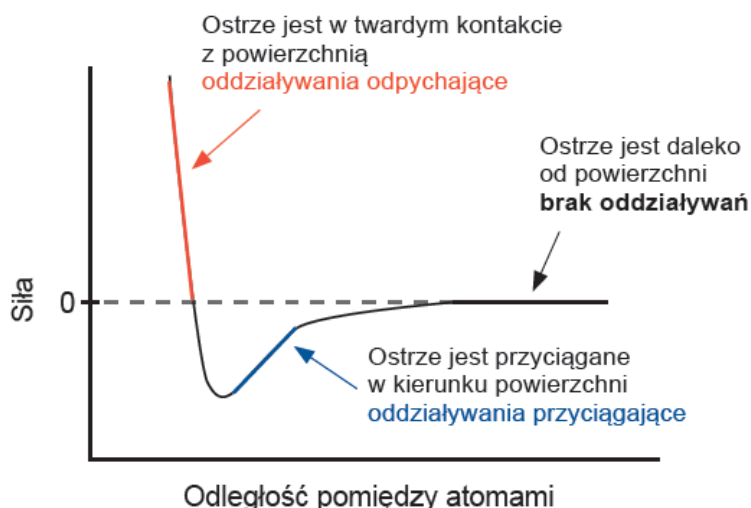
Mikroskopia sił atomowych (AFM - Atomic Force Microscope) jest to nowoczesna technika umożliwiająca obrazowanie i badanie właściwości fizyko-chemicznych (tarcie, adhezja, rozkład ładunku elektrostatycznego, przewodność elektryczna, struktura domen magnetycznych czy przewodność termiczna) powierzchni badanych materiałów w trzech wymiarach na poziomie rozdzielczości pojedynczych nanometrów. Technika AFM pozwala badać zarówno przewodniki, półprzewodniki jak i izolatory.

Zasada pomiaru techniką AFM polega na przesuwaniu sondy pomiarowej nad powierzchnią badanej próbki i rejestrowaniu zmian ugięcia dźwigienki z ostrzem sondy pomiarowej w wyniku oddziaływań sił występujących pomiędzy atomami ostrza a atomami, z których zbudowana jest badana próbka. Sonda pomiarowa składa się z podstawy, dźwigienki, na której umieszczone jest ostrze. Sondy pomiarowe produkowane są z krzemu lub azotku krzemu.



Schemat budowy sondy pomiarowej AFM i obraz SEM sondy pomiarowej typ TESPA firmy Bruker

Zasadniczymi siłami występującymi w AFM są między atomowe siły van der Walsa. W zależności od odległości ostrza od powierzchni próbki występują siły przyciągające i odpychające.



Zależność siły oddziaływania między atomami od odległości

W technice AFM wyróżniamy trzy zasadnicze tryby pracy: tryb kontaktowy, tryb bezkontaktowy i tryb przerywanego kontaktu.

✓ tryb kontaktowy

W trybie tym odległość między ostrzem a atomami badanej próbki jest mniejsza niż 0.1 nm. Pomiędzy ostrzem a badaną próbką są występują siły odpychania. Ramię dźwigni wygięte jest w stronę przeciwną niż próbka. Ostrze naciska na powierzchnię z siłą rzędu $10^{-7} - 10^{-10}$ N. Za pomocą tego trybu możemy uzyskać takie informacje jak: tarcie, odkształcenie plastyczne i sprężyste oraz oddziaływania adhezyjne. Tryb ten wykorzystywany jest do badań próbek twardych, które są nie podatne na uszkodzenia.

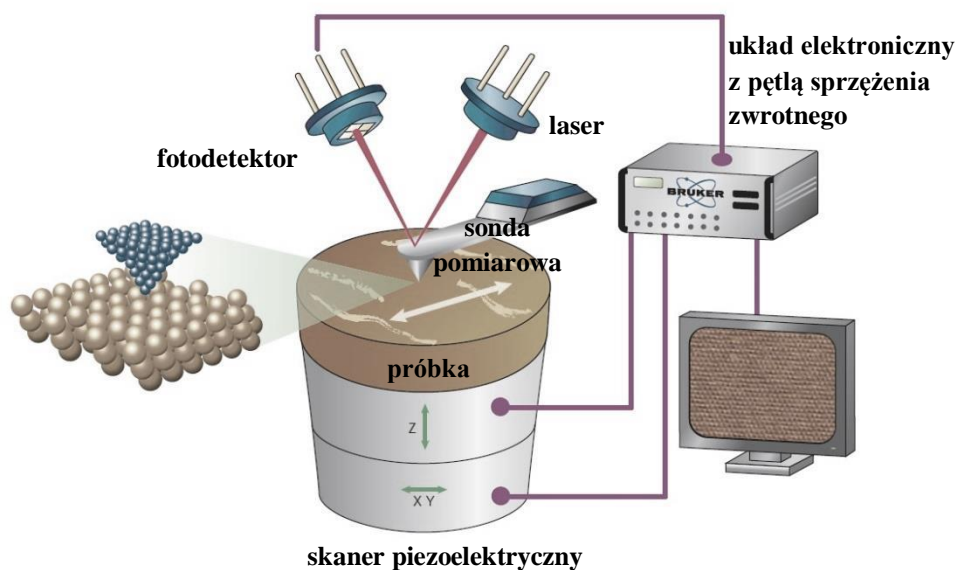
✓ tryb bezkontaktowy

W trybie tym odległość między ostrzem a atomami badanej próbki wynosi od 10-100 nm. Pomiędzy ostrzem a badaną próbką są obecne siły przyciągania. Ramię dźwigni wygięte jest w stronę próbki. Tryb ten wykorzystywany jest do badań próbek delikatnych i bardzo elastycznych.

✓ tryb przerywanego kontaktu

W trybie tym dźwignia jest wprowadzona w drgania o częstotliwości bliskiej częstotliwości drgań rezonansowych, czyli 50 - 500 kHz. Powierzchnia próbka przez ostrze opukiwana, dzięki temu zmniejszana jest amplituda drgań. Jest to najczęściej wykorzystywany tryb pracy zarówno do badań próbek twardych jak i delikatnych.

Każdy mikroskop AFM zawiera w swojej budowie zawiera pięć podstawowych elementów: sondę pomiarową, laser, fotodetektor, układ elektroniczny z pętlą sprzężenia zwrotnego, precyzyjny system poruszania próbką lub sondą pomiarową (skaner piezoelektryczny).



Schemat budowy mikroskopu AFM

Badania z wykorzystaniem AFM możemy prowadzić w różnych środowiskach: w próżni, w atmosferze różnych gazów (w tym atmosferze otoczenia) oraz w cieczach.

Rozdzielczość skanowania zależy od takich czynników jak: promień krzywizny ostrza skanującego, wysokiej precyzji układu pozycjonowania, wysokiej czułości układu detekcji położenia ostrza skanującego, układu elektronicznego, warunków otoczenia.

Przebieg ćwiczenia

UWAGA! Na pracownię AFM można wejść tylko w odzieży ochronnej (biały fartuch) i w zmienionym obuwiu.

- ❖ Omówienie budowy i zasady działania mikroskopu AFM
- ❖ Zapoznanie się z obsługą systemu Dimension ICON firmy Bruker oraz procedurą pomiarową
- ❖ Wykonanie pomiaru próbki testowej
- ❖ Opracowanie wyników pomiarowych

Literatura

- Dimension Icon Instruction Manual, Bruker Corporation
- <https://www.bruker.com/products/surface-analysis/atomic-force-microscopy.html>
- Probes and Accessories Catalog, Bruker Corporation
- R. Howland i L. Benatar, STM/AFM mikroskopy ze skanującą sondą
- V. L. Mironov Fundamentals of scanning probe microscopy, NT-MDT