

1. 2. 2. Nekontaktní režim AFM

Nekontaktní režim představuje jednu z aplikací AFM. Spočívá v tom, že raménko s hrotem vibruje v blízkosti povrchu vzorku. Rozestup mezi hrotem a vzorkem u nekontaktního režimu je v řádu jednotek až desítek nm. Vzdálenost je vyznačena v grafu na obr. 1-3.

Stejně jako kontaktní režim i nekontaktní režim (NK) AFM, může být využit k měření povrchu izolantů, polovodičů i elektrických vodičů. Celková síla mezi hrotem a vzorkem v nekontaktním režimu je velmi malá a pohybuje se okolo 10^{-12} N. Tato malá síla je výhodou při studiu měkkých nebo pružných povrchů. Další výhodou je, že povrch vzorku (např. typu křemíkových destiček) není kontaminován dotykem hrotu.

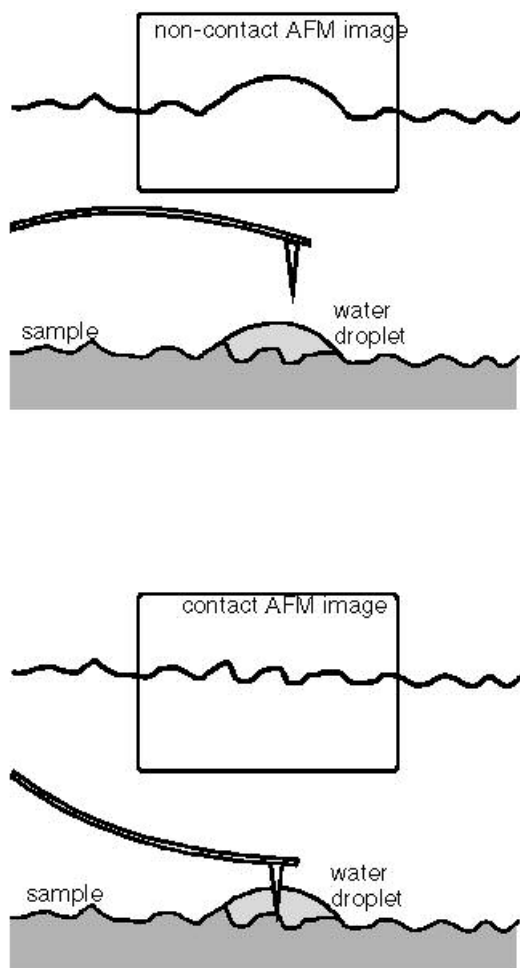
Protože síla mezi hrotem a vzorkem v NK-AFM režimu je ve srovnání s kontaktním režimem malá, je měření obtížnější. Raménka užívaná při NK-AFM režimu musí být tužší, než ta co jsou používány v kontaktním AFM režimu. Malé hodnoty síly a větší tuhost raménka v NK-AFM jsou dva faktory, které přináší slabý signál, a tím i jeho obtížnější měření. Z tohoto důvodu musí být použito velmi citlivého detekčního systému.

V NK-AFM režimu raménko s hrotem kmitá. Rezonanční frekvence tuhého raménka je zpravidla od 100 do 400 kHz s amplitudou několika nm. Detekovány jsou změny v rezonanční frekvenci nebo amplitudě kmitů raménka při přibližování či vzdalování hrotu od povrchu. Metoda je tak citlivá, že poskytuje sub-nanometrová vertikální rozlišení v obrazu, podobně jako kontaktní AFM.

Vztah mezi rezonanční frekvencí raménka a změnami topografie vzorku mohou být vysvětleny následovně. Rezonanční frekvence raménka se mění s druhou odmocninou jeho tuhosti. Navíc, tuhost raménka se mění s narůstající silou a gradient síly, který je odvozen z křivky závislosti síly na vzdálenosti hrotu (obr. 1- 3) se mění se vzdáleností hrotu od vzorku. Změny v rezonanční frekvenci raménka mohou být tedy použita k detekci změn gradientu síly, který odráží změny vzdálenosti hrotu a vzorku, potažmo topografii povrchu vzorku.

V NK-AFM systém monitoruje rezonanční frekvenci (amplitudu kmitů) raménka s využitím zpětné vazby. Zpětnovazebním členem je zajištěn pohyb skeneru nahoru a dolů a rezonanční frekvence se udržuje na konstantní hodnotě. Udržováním konstantní rezonanční frekvence nebo konstantní amplitudy, je zajištěna stálá průměrná vzdálenost mezi hrotem a vzorkem. Podobně jako kontaktní AFM režim (v režimu konstantní síly), pohyb skeneru generuje soubor dat potřebných k rekonstrukci obrazu.

V NK-AFM režimu se hrot neopotřebovává (tedy ani se neporušuje povrch vzorku), jak je to běžné po několika analýzách v kontaktním režimu. Jak bylo uvedeno dříve, je NK-AFM režim upřednostňován před kontaktním AFM, zejména při měření měkkých vzorků. V případě tuhých, nepoddajných materiálů, mohou obrazy povrchů vypadat stejně. Nicméně, jestliže na povrchu tuhého vzorku kondenzuje několik tenkých vrstev vody, obrazy se budou určitě lišit. Kontaktní AFM režim bude řídit prostup hrotu vrstvou vody, takže získáme obrazu povrchu vzorku, zatímco v NK režimu získáme obraz povrchu kapalných vrstev, viz. obr. 1-5.



Obr. 1-5 Schematické znázornění vzniku topografie povrchu u kontaktního a NK režimu AFM

V případě, kdy by hrozilo poškození vzorku tažením hrotu po povrchu, nabízí se další režim práce AFM: periodický kontaktní režim (P-K). P-K režim je užitečný pro řadu aplikací a je popsán v další kapitole.