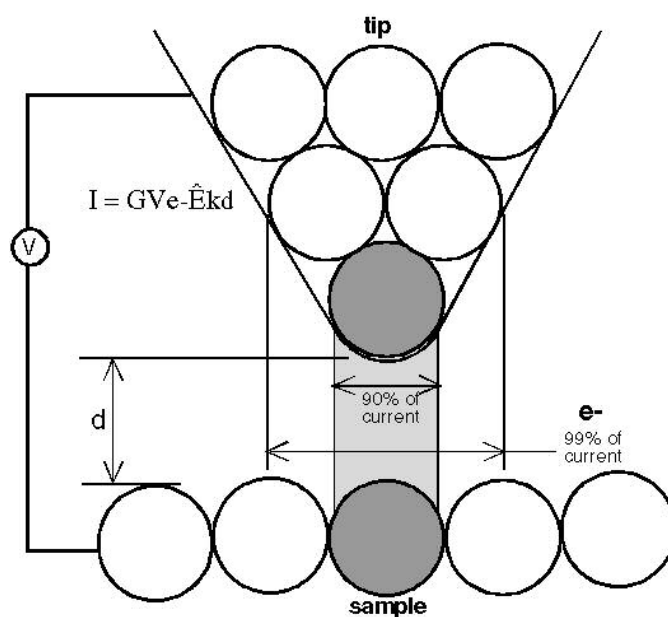


1. 1 Rastrovací tunelovací mikroskopie

Mikroskopie využívající skenující sondy (SPM – Scanning Probe Microscopy) má český ekvivalent v pojmu „rastrovací sondová mikroskopie“. Tato unikátní mikroskopická technika vychází z metody rastrovací tunelovací mikroskopie, která je mezi odbornou veřejností rovněž vžitá pod zkratkou STM (Scanning Tunneling Microscope).

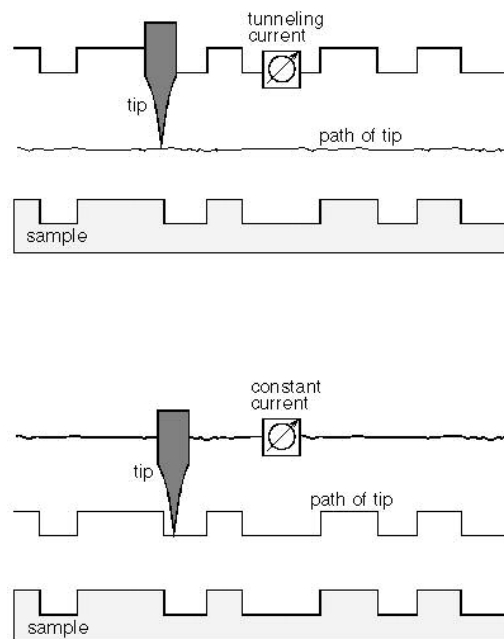
Počátek metody STM je datován roku 1981, kdy u jejího zrodu stáli Gerd Binnig a Heinrich Rohrer z laboratoří IBM v Curychu. O pět let později získali za svůj objev Nobelovu cenu. Přístroje STM byly první, které vytvářely skutečný obraz povrchu s rozlišením na atomární úrovni.

STM užívá ostrý vodivý hrot se spádem napětí mezi hrotem a povrchem vzorku. Pokud je hrot umístěn do vzdálenosti několika *nm* od povrchu vzorku, jsou elektrony „tunelovány“ přes tuto mezeru z hrotu k povrchu a obráceně, a to v závislosti na polaritě a velikosti napětí, viz obr. 1-1. Výsledný tunelový proud závisí na vzdálenosti mezi hrotem a povrchem a je nositelem signálu, který se podílí na vzniku STM obrazu. Tunelování se uskuteční jen v případě, kdy hrot i vzorek jsou z vodivého materiálu (případně polovodiče). V tom je zásadní rozdíl od ostatních mikroskopických metod využívajících rastrující sondu.



Obr. 1-1 Schematické znázornění interakce mezi hrotem a vzorkem

STM přístroje bývají konstruovány jako rastrovací, v módu konstantní výšky nebo konstantního proudu, jak ukazuje obrázek 1-2.



Obr. 1-2 Schematické znázornění režimů STM – konstantní výšky resp. proudu

V režimu konstantní výšky se hrot pohybuje v horizontální rovině nad vzorkem a tunelovací proud se mění v závislosti na topografii povrchu a lokálních povrchových elektrických vlastnostech vzorku. Tunelovací proud, měřený v každém bodě povrchu vzorku, poskytuje soubor hodnot, z nichž se vytváří výsledný obraz.

STM v režimu konstantního proudu, se využívá zpětná vazba tak, aby byla udržena konstantní hodnota tunelovacího proudu (v každém bodě povrchu vzorku je vyhodnocována v závislosti na výšce hrotu nad povrchem). V případě, že systém detekuje zvýšení tunelovacího proudu, je přivedeno odpovídající napětí k piezoelektrickému systému, který zajistí oddálení hrotu od povrchu. V módu konstantního proudu je k tvorbě dat rozhodující pohyb skeneru (nahoru – dolů). Pokud detekční systém registruje konstantní tunelovací proud (s chybou několika procent), bude výška sondy nad povrchem rovněž konstantní (s odchylkou v řádu 10^{-12} m).

Každý režim má pochopitelně své výhody a nevýhody. Režim konstantní výšky je rychlejší, protože systém nemusí zajišťovat pohyb skeneru nahoru a dolů. Užitečnou informaci tedy poskytuje především u relativně hladkých povrchů. Mód konstantního proudu je přesnější pro členité povrchy, ale měření zabere více času.

Přibližně můžeme říci, že obraz map tunelovacího proudu koreluje s topografií vzorku. Přesněji, tunelovací proud koresponduje s hustotou elektronových stavů povrchových atomů. STM prakticky snímají počet zaplněných či volných elektronových stavů v blízkosti Fermiho hladiny, v rozsahu energií daných spádem napětí.

Pokud se budeme zajímat o mapování topografie, citlivost STM zařízení k lokální elektronové struktuře může být nevýhodou a přináší řadu problémů. Příkladem může být oxidovaná (nevodivá) povrchová vrstva vzorku, kdy tunelovací proud strmě poklesne a hrot se může dotknout povrchu. V režimu konstantního proudu bude řídicí jednotka STM přístroje nutit hrot k pohybu v co nejtěsnější vzdálenosti, tak aby se udrželo stálé nastavení proudu. U oxidované vrstvy může dojít k „napíchnutím“ povrchu, která jej mohou porušit.

Tato nevýhoda se však může obrátit v přednost. Většina zařízení určených k měření hustoty elektronových stavů ze vzorku získávají hodnoty z relativně velké plochy vzorku od několika μm po několik mm. STM proto mohou být použity k povrchové analýze s atomárním rozlišením. Užitím STM pro spektroskopické účely se zabývá STS (Scanning Tunneling Spectroscopy) – rastrovací tunelovací spektroskopie.