

2.5 Testování linearity skeneru

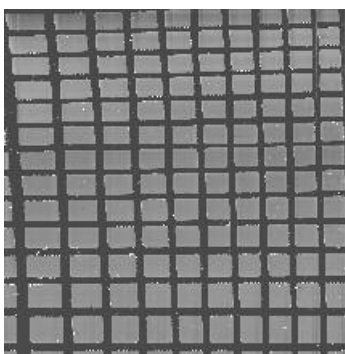
Pokud zaregistrujeme nelineární chování piezoelektrického skeneru v podobě artefaktů v SPM obraze, můžeme provést celou řadu testů. Tato část popisuje příznaky a testovací postupy pro identifikaci nejběžnějších nelinearit. Zpravidla vždy jde o nelinearity SPM, typu hystereze, creepu, stárnutí nebo křížové vazby.

- 2.5.1 Vlastní nelinearita
- 2.5.2 Hystereze
- 2.5.3 Creep
- 2.5.4 Stárnutí
- 2.5.5 Vliv křížové vazby
- 2.5.6 Profil stupně

2.5.1 Vlastní nelinearita

X-Y Rovina

Příznak: nepravidelné mezery a zakřivení objevující se ve struktuře, o níž víme, že je pravidelná, viz. obr. 2-15.



Obr.2-15 Obraz mřížky vykazující nepravidelnou periodu mřížky a zakřivení

Test: Pomocí kalibrační mřížky. Obraz by měl vykazovat pravidelné rozestupy a přímé čáry.

Z Osa

Příznak: Přístroj nepřesně odečítá převýšení povrchu

Test: Měříme různé výšky s užitím výškových standardů.

2.5.2 Hystereze

X-Y rovina

Příznak: Ve stejném obrázku je zaregistrováno při změně rychlosti skenování posunutí stejné struktury.

Test: Zobrazit stejný povrch s větší rychlostí skenování zleva doprava a naopak a porovnat oba obrazy. Podobně je možné porovnat skeny zdola nahoru a obráceně. Obrazy by měly být v obou případech shodné

Z osa

Příznak: Náklon boční stěny povrchové nerovnosti závisí na směru skenování (skener se při nabírání hodnot pohybuje nahoru a dolů), viz. obr. 2-18.

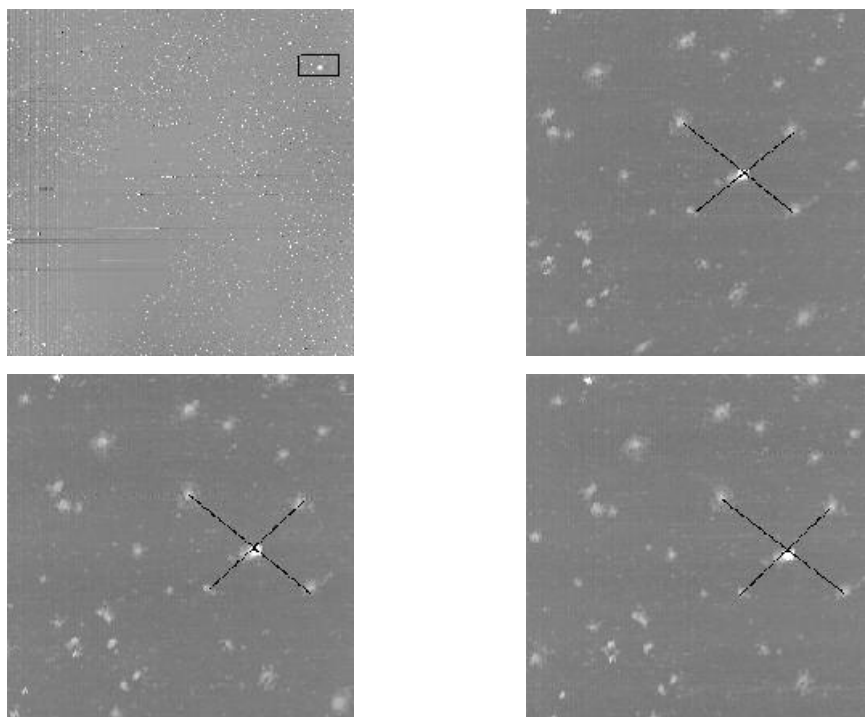
Test: Změřit výškový profil stupně a porovnat sklon profilu hrany.

2.5.3 Creep

X-Y rovina

Příznak: Posun detailů v obraze při přestavení skeneru do jiné krajní polohy, viz. obr. 2-16.

Test: pořízení skenu při malém zvětšení s vhodným detailem v jednom rohu. Pořízení obrazu při desetkrát pomalejší rychlosti skenování (desetkrát vyšší zvětšení) vycentrovaného detailu. Při creepu, nebude skenovaný detail ihned vycentrovaný.



Obr. 2-16. Obrázky ukazující jev creepu

Opakovaný sken by měl přinést detail do středu skenované plochy. Dojde tak k postupnému uvolnění skeneru a ten se dostane do rovnovážné polohy. Tato relaxace je zřejmá z obr. 2-16, kdy skeny byly pořízeny přibližně po minutě. Spodní pravý obrázek byl pořízen 3 minuty po prvním (horní levý obrázek).

Je důležité upozornit, že obrázek 2-16 byl pořízený se softwerovou korekcí. Creep skeneru může být eliminován i hardwerově.

Z osa

Příznak: Profil vrchní a spodní plochy pravidelného pravoúhlého profilu vykazuje exponenciální změnu. Jako reakce skeneru na náhlé změny napětí při překonávání profilu se vytvářejí vyvýšeniny a prohlubně, viz. obr. 2-18.

Test: Vyhodnocení obrazu obdélníkového stupně se známou charakteristikou.

2.5.4 Stárnutí

X-Y rovina

Příznak: Kalibrace SPM v příčném směru se mění s časem

Test: Testování časové stability měřením známého kalibračního vzorku (mřížka) s pravidelnou strukturou v příčném směru.

Z osa

Příznak: Výšková kalibrace SPM se mění v čase

Test: Test stability v čase měření výšky užitím známého standardu.

2.5.5 Vliv křížové vazby (Cross Coupling)

Příznak: SPM obraz vykazuje zakřivení i u vzorku, který má být plochý, viz obr. 2-17. Změna křivosti v obrázku se projevuje tmavším odstínem v rozích. Pokud neuvažujeme křížovou vazbu, obraz povrchu by měl být perfektně rovný.

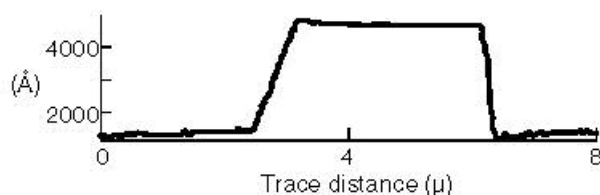
Test: Zobrazit povrch, který je ve skutečnosti plochý nebo má známé zakřivení.



Obr. 2-17. Nedokonalý obraz roviny

2.5.6 Profil pravidelného stupně: hystereze, creep a křížová vazba v z ose

Kumulace jevů hystereze, creepu a křížové vazby skeneru je patrná z obr. 2-18



Hystereze skeneru způsobí sklon bočních stěn na vzestupné a sestupné dráze hrotu, protože napětí potřebné pro kontrakci skeneru při cestě hrotu nahoru je menší než napětí potřebné k expanzi skeneru při cestě hrotu dolů.

Creep způsobí exponenciální změnu vrchní části stupně směrem zleva nahoře doprava dolů. Křížová vazba se potom přidává křivost ke každému profilu.

2.6 Literatura

1. The Piezo Book, Burleigh Instruments, Product information on the fundamentals of piezo materials.
2. P. Atherton, "Micropositioning Using Piezoelectric Translators," *Photonics Spectra*, Dec. 1987, pp. 51-45.
3. J.E. Griffith, G.L. Miller, and C.A. Green, "A Scanning Tunneling Microscope with a Capacitance-based Position Monitor," *J. Vac. Sci. Technol. B*, vol. 8, No. 6, Nov/Dec 1990, pp. 2023-2027.
4. R.C. Barrett and C.F. Quate, "Optical Scan-correction System Applied to Atomic Force Microscopy," *Rev. Sci. Instrum.* 62(6), 1393 (1991)