



Atomkraftsmikroskopi

Nanomaterial Föreläsning 4/4

Andreas B. Dahlin

adahlin@chalmers.se
<http://www.adahlin.com/>

2017-05-05

Kemi & Material

1



Översikt

En viktig metod för att avbilda ytor på material. Extra bra för nanostrukturer. Borde kallas "atomkraftsnanoskopi".

Kan även karakterisera "mjukheten" hos material!

Ingen "kemisk" karakterisering, men kan även användas för att studera enskilda molekylers beteende och interaktioner.

2017-05-05

Kemi & Material

2

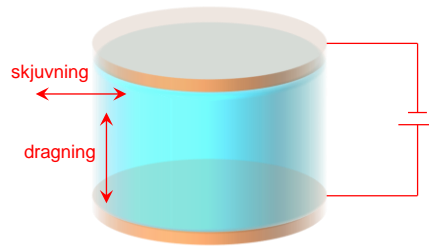


Piezelektricitet

Vissa kristallina material genererar en spänning vid deformation.

Deformationens axel definieras av kristallplanets vinkel relativt fältet.

Man kan även generera en deformation genom spänning!



Wikipedia: Quartz

2017-05-05

Kemi & Material

3



Piezoscanning

Den piezoelektriska effekten ger låg deformation, som mest 0.1%!

Utmärkt för att flytta saker på nanoskala genom ett relativt stort piezoblock (cm).

Total förflyttning endast ~100 μm men precision <1 nm.



Piezsystem Jena
<http://www.piezsystem.com/>

2017-05-05

Kemi & Material

4

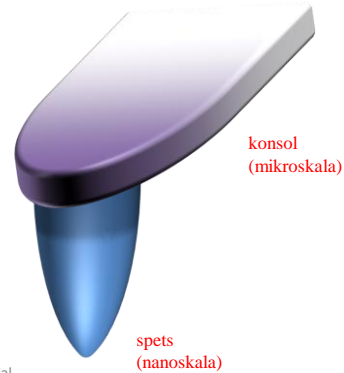


Konsol (Språngbräda)

Spetsen måste vara jättevass (helst en atom längst ut).

Spetsen fästs på en *konsol* bred nog för att reflektera en ljusstråle.

Konsolen kopplas till piezoskannern.



2017-05-05

Kemi & Material

5



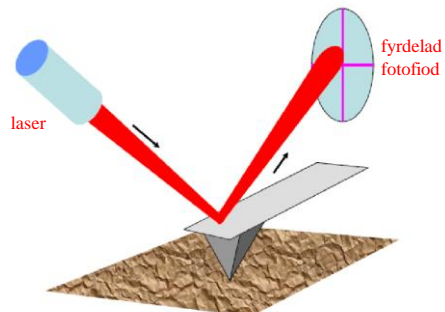
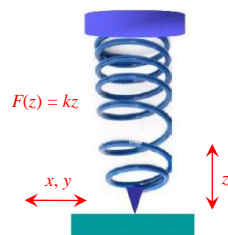
Hookes Lag

Konsolens avböjning antas vara proportionell mot kraften. Mekanisk representation med konsol som en fjäder.

Avböjningen avläses med laser på uppdelad fotodiod.

Piezo ger x , y och z . Spetsen ger kraft $F(z)$ när konsolen är kalibrerad (k är känd).

Feedback mellan piezo och diod!



2017-05-05

Kemi & Material

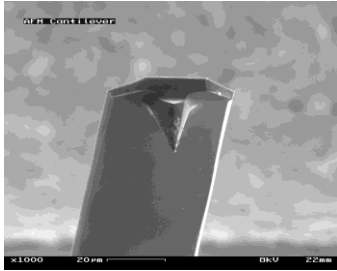
6



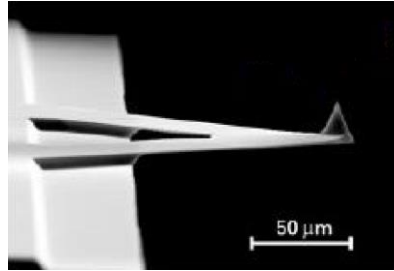
Spetsar

Hårt inert material såsom Si_3N_4 eller SiO_2 .

Ibland görs kemisk ytmodifiering av spetsarna innan experiment!



Wikipedia: Atomic Force Microscopy



2017-05-05

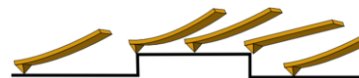
Kemi & Material

7



Kontaktläge

- Enklaste skanningsmetoden, direkt kontakt.
- Piezo upprätthåller en konstant avböjning (kraft) i z-led under skanning i x och y.
- Relativt snabb skanning.
- Provet kan skadas av spetsen, eller så fastnar spetsen i provet om det är mjukt.



2017-05-05

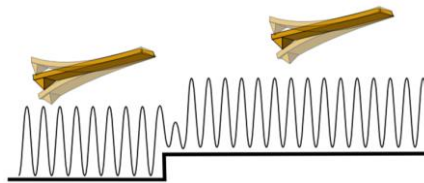
Kemi & Material

8



Vibrerande Läge

- Hela konsolen vibrerar och spetsen "nuddar" bara ytan.
- Amplituden för oscillationen minskar vid ytan.
- Feedback loopen piezo-laser bibehåller samma amplitud.
- Relativt långsam skanning.
- Skadar inte provet.



2017-05-05

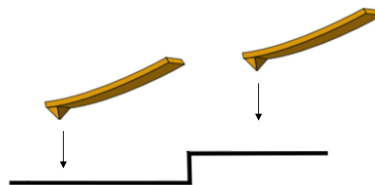
Kemi & Material

9



Intryckningsläge

- Piezo rör sig ned mot ytan och kraften bestäms som funktion av z .
- $F(z)$ mätning upprepas för olika x och y .
- Information om interaktionskrafter mellan spets och yta.
- Betydligt sämre upplösning i x - y .



2017-05-05

Kemi & Material

10



Video: Olika Sätt att Skanna

2017-05-05

Kemi & Material

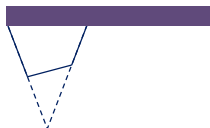
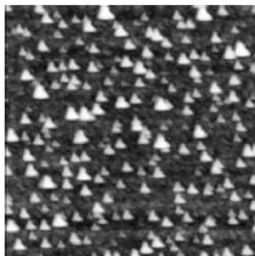
11



Bildartefakter från Spetsen

Trubbig spets: Alla utbuktningar ser likadana ut.

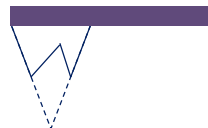
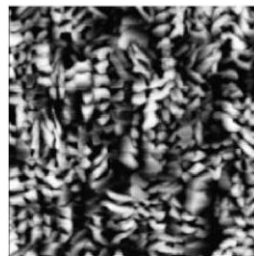
Tvådelad spets: Utbuktningar avbildas flera gånger.



2017-05-05

Kemi & Material

12



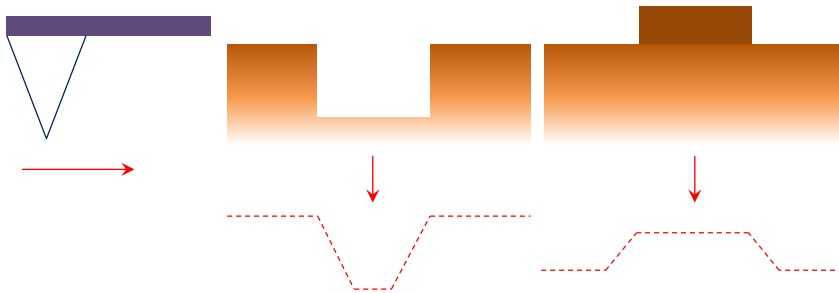


Oundvikliga Bildartefakter

Även om spetsen är ren och har rätt form finns begränsningar.

Hål blir mindre och utbuktningar blir större.

Kan delvis kompenseras för om man vet exakt hur spetsen ser ut.



2017-05-05

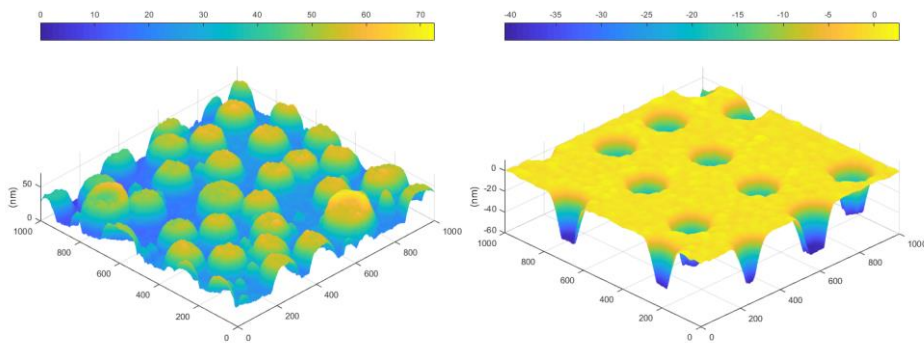
Kemi & Material

13



Exempeldata: Diskar och Hål

Notera räckvidden för z jämfört med x och y .



2017-05-05

Kemi & Material

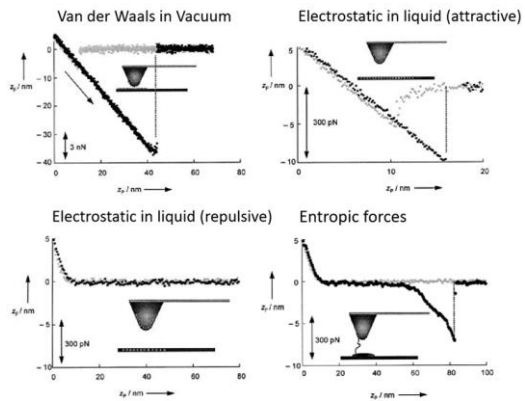
14



Analys av Krafter

Data för intryckning $F(z)$ ger information om krafterna mellan spets och materialets yta.

Vid kontakt dominerar Pauli repulsion ($F \rightarrow \infty$).



2017-05-05

Kemi & Material

15



Andra Tillämpningar

Istället för att bara avbilda och mäta krafter kan AFM:

- Skriva mönster som en penna med bläck.
- Flytta runt objekt (t.o.m. atomer).
- Injicera och suga upp vätska (ihålig spets).

Experiment i vätska är fullt möjliga!

2017-05-05

Kemi & Material

16



Vad Kostar Leksaken?

Uppåt 1 miljon SEK beroende på vilka tillbehör och funktioner man vill ha.

Användaren är dock minst lika viktig (och dyr)!



JPK
<http://www.jpk.com/>



Bruker
<http://www.bruker.com/>

2017-05-05

Kemi & Material

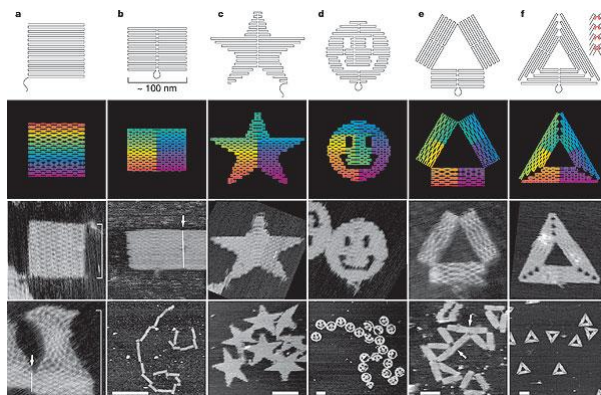
17



Exempel på Högupplöst Avbildning

Avbildning av självvuppbuggande DNA strukturer.

Hade varit svårt med elektronmikroskopi...



2017-05-05

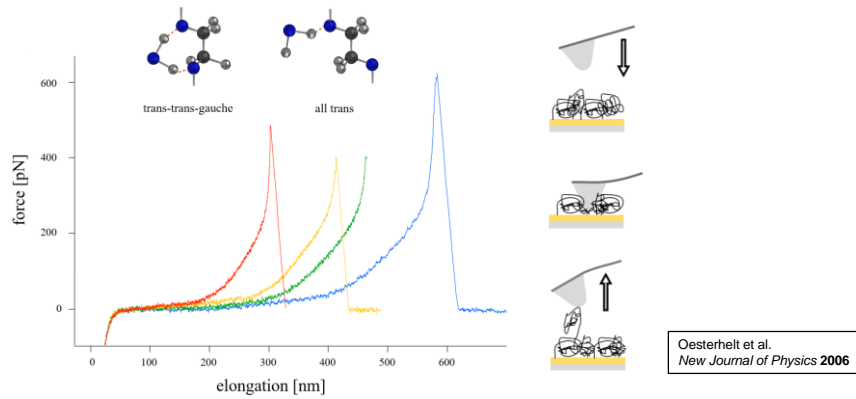
Kemi & Material

18



Exempel på Kraftanalys

Bestämning av polymerers Kuhn-längd!



2017-05-05

Kemi & Material

19



Video: Höghastighets-AFM

Avbildning av "levande" biologiska nanoporer.

2017-05-05

Kemi & Material

20



Diskussion och Frågor

