

Gruppo di Microscopia a Sonda & Gruppo di Nanodeposizione con atomi freddi

A Dipartimento di Fisica, Edificio B, Laboratori INFM

A UNI M. Allegrini, E. Arimondo, F. Fuso, L. Pardi
E. Andreoni, N. Puccini
polyLab M. Labardi
post-doc A. Camposeo
Dottorandi M. Alderighi, A. Ambrosio, F. Tantussi
Laureando D. Morganti

A *Collaborazioni SPM*

- . IPCF-CNR Sezione di Messina
- . Università di Messina
- . Politecnico Milano
- . University College London (**Seminario Galileiano 18/2/2005 prof. Franco Cacialli**)
-

A *Collaborazioni ND*

- Institut für Angewandte Physik, University of Bonn
- University of Toulouse
- University Clermont-Ferrand
- IMA, University of Kassel
- IPCF-CNR, Sezioni Pisa & Messina
- Dip. Scienza dei Materiali, Università Milano-Bicocca

Scanning Tunnelling Microscopy

STM

g Nanodeposizione

Atomic Force Microscopy

AFM

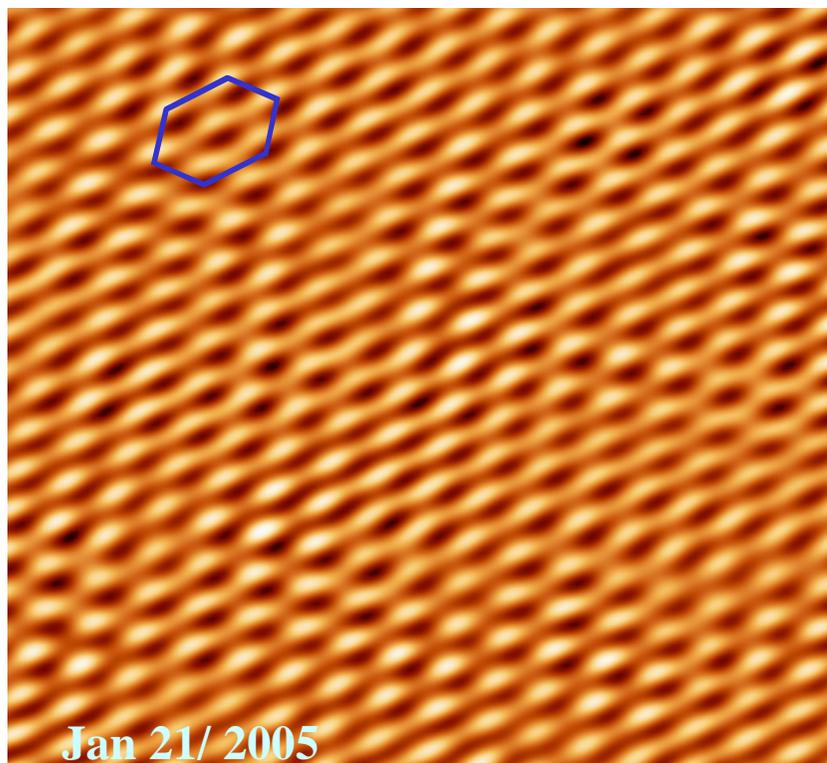
g Nanotribologia

Scanning Near-field Optical Microscopy

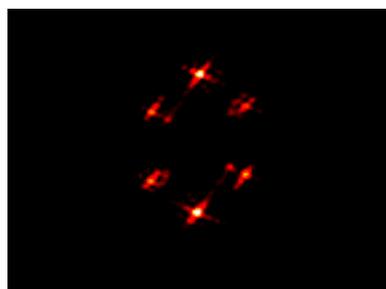
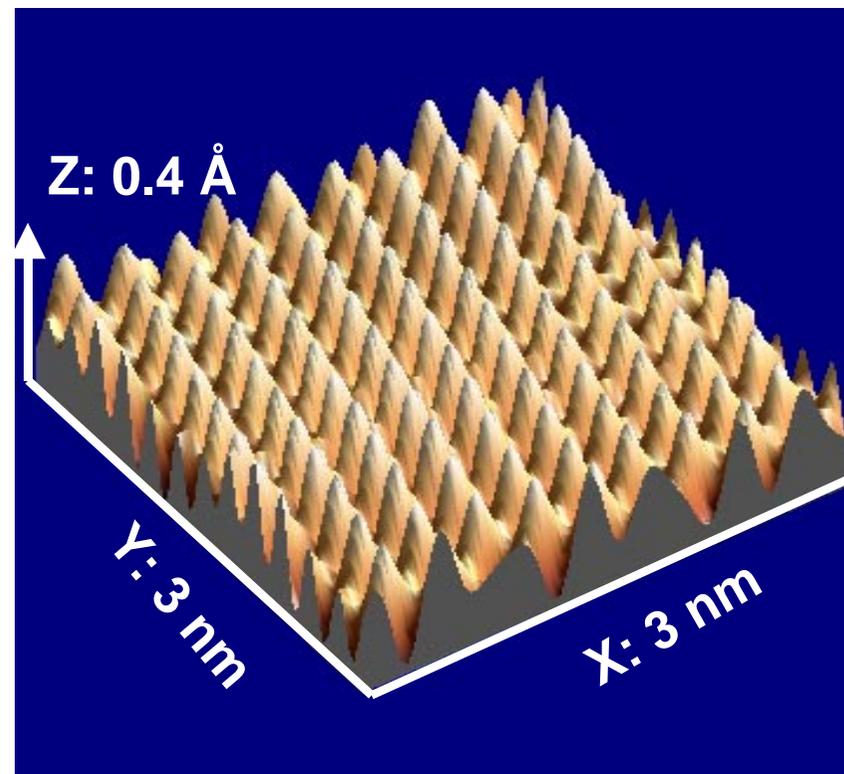
SNOM

g Nanoscopie-Nanoottica
Nanolitografia ottica

STM Atomic resolution on High Oriented Pyrolytic Graphite (HOPG)



10 × 10 nm

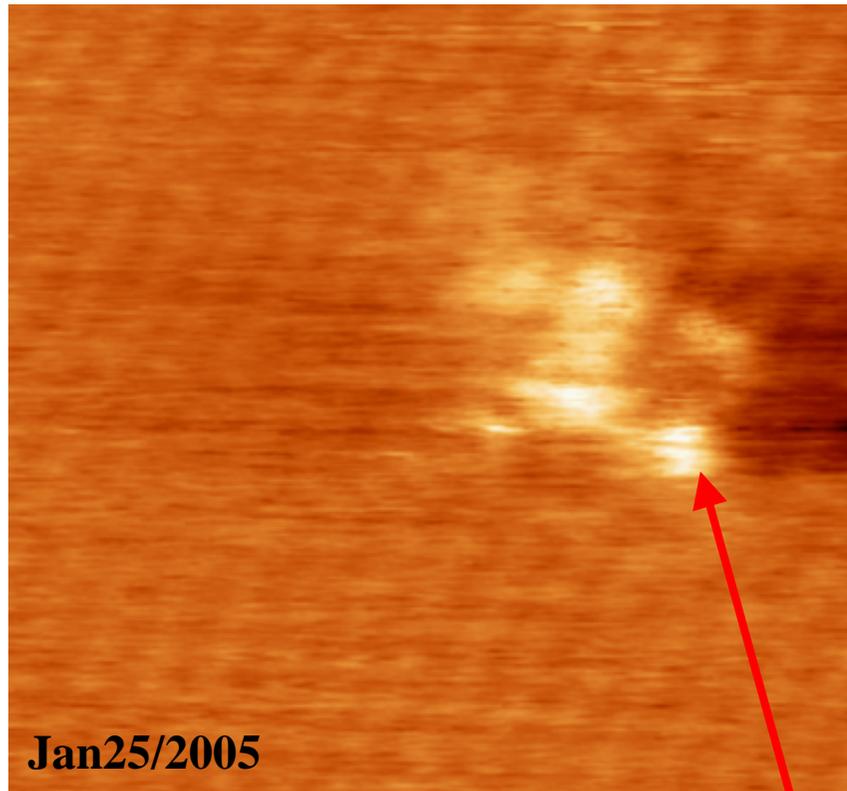


2D FFT

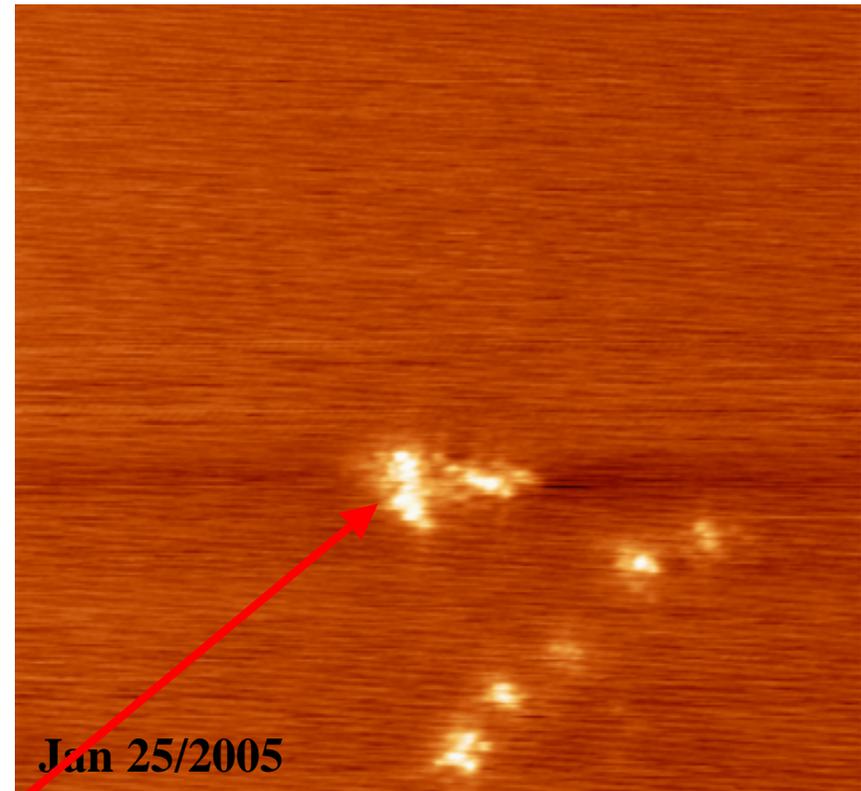


Hexagonal symmetry

Single Cs Atoms on HOPG



5.1 × 5.1 nm



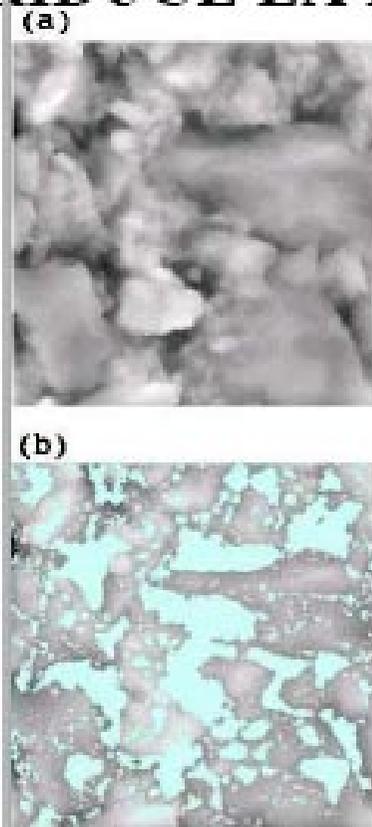
30 × 30 nm

Cs Atoms

Esempio: verifica a scala nanometrica di previsioni teoriche sull'attrito gomma-asfalto

3.2 L'ACQUA RIDUCE LA RUGOSITA'.

da progetto COFIN
2004
"Nanotribologia",
cortesia di Erio
Tosatti



DRY ASPHALT

WET ASPHALT

ATTRITO CALCOLATO SUL BAGNATO: -20%

SNOM [esempio di nanolitografia ottica]

hh vantaggi delle tecniche di caratterizzazione ottica

ii difficoltà a confinare l'energia e.m. in volumi sufficientemente piccoli per la caratterizzazione e modificazione a scala nanometrica

Limiti dell'ottica classica: "diffraction limit"

La luce non può essere confinata su dimensioni lineari molto più piccole di $\lambda/2$. (Abbe 1873)

Per il principio di indeterminazione di Heisenberg la posizione (Δx) e il momento ($p_x = \hbar k_x$) di un fotone sono legati da

In un mezzo con indice di rifrazione n_i

$$k^2_i = k^2_x + k^2_y + k^2_z \quad |k|_i = 2\pi/\lambda_i = n_i |k|_0$$

λ_i lunghezza d'onda nel mezzo, k_0 vettore d'onda nel vuoto.

Far-field optics (ottica classica) usa solo fotoni propaganti,

con componenti tutte reali di k e nessuna può essere $> k_i$ C

l'incertezza della posizione Δx_{class} di un fotone in un fascio di luce libero di propagarsi (detta anche “*minima sezione d'urto*”) è

$$\Delta x_{\text{class}} > 1/|k_x| = \lambda_i/2\pi$$

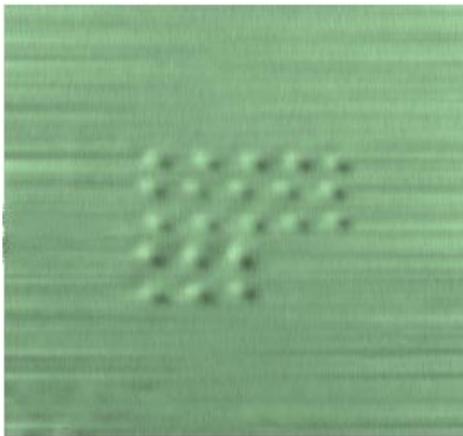
Per un obiettivo focalizzante la minima distanza risolvibile, detta “*dimensione critica*” nelle applicazioni di litografia, è

$CD = \alpha \lambda/NA$ con α fattore dipendente dalla distribuzione di intensità del fascio di luce che illumina l'obiettivo e NA

SNOM topography images of the optically nanostructured PMA4 thin film

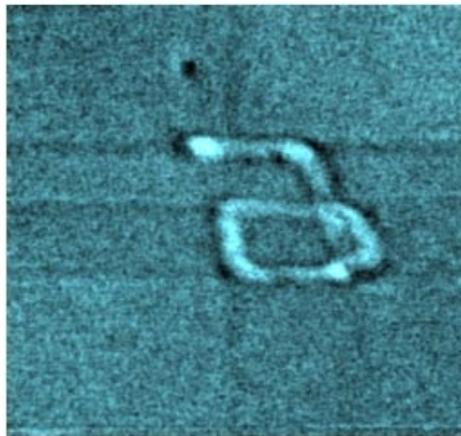
- homopolymer (exposure time = 1 s/dot, image size = $5 \times 5 \mu\text{m}^2$)
- 30/70 copolymer (sensor speed = 20 nm/s, size = $2 \times 2 \mu\text{m}^2$)
- 30/70 copolymer (speed = 50 nm/s, size = $300 \times 300 \text{ nm}^2$)

(a)



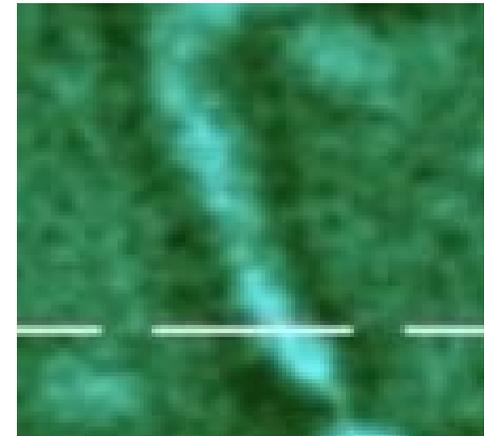
180 nm width

(b)



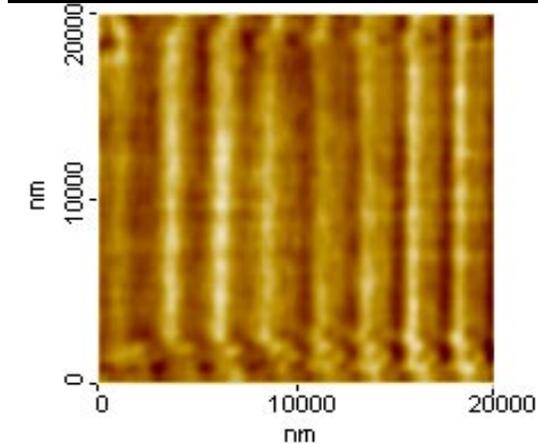
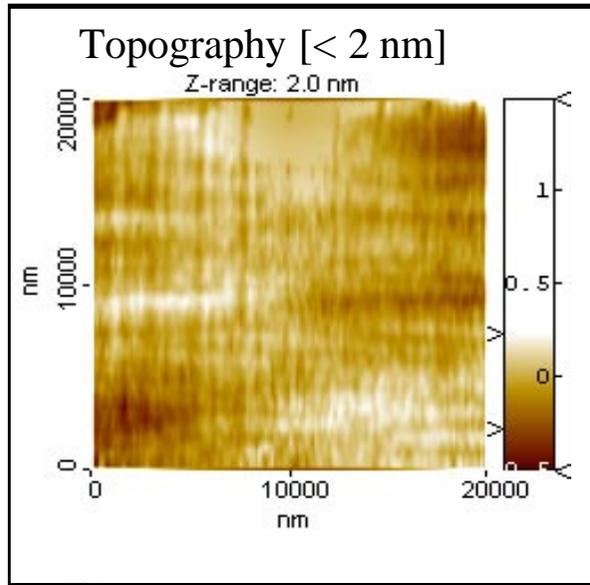
75 nm width

(c)

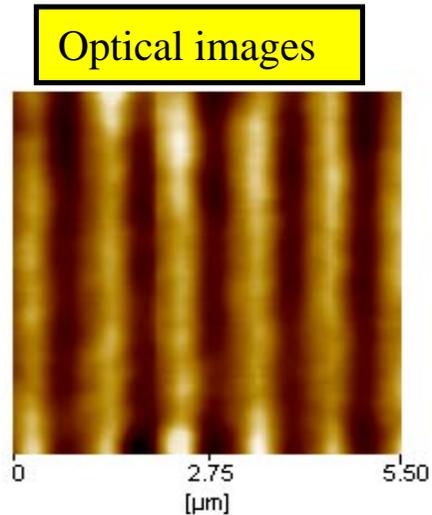


45 nm width

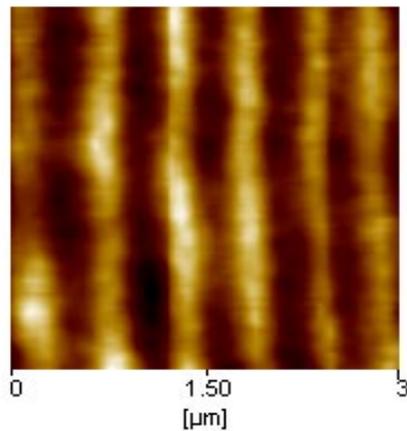
PHOTOINDUCED BIREFRINGENCE



2 μ m spaced lines



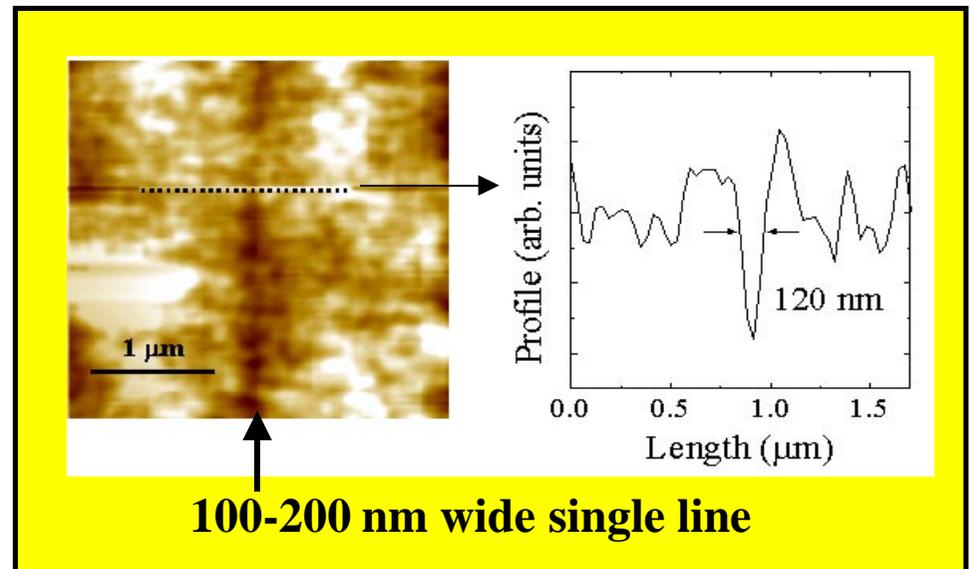
1 μ m spaced lines



0.5 μ m spaced lines

Optical alignment of an azobenzene side chain polymer is obtained by locally illuminating the 100 nm thick film with fixed polarization blue light (488 nm).

Local birefringence is detected by polarization-sensitive SNOM at the wavelength of 690 nm.



100-200 nm wide single line

Goals

- Potential data densities for this technique? 1 Tbit/cm²
- How fast can data be written and read? 100 ns
- Resolution limits? Material: 3 nm cooperativity size
10 nm entanglement length
SNOM Tecnique: aperture size
- Film stability? Long term, with restrictions
- How soon will practical applications be possible?
2 to 5 years or 10 to 20 years?