



CNR-SPIN

Alternanza Scuola-Lavoro 2018



Università di Napoli  
*"Federico II"*

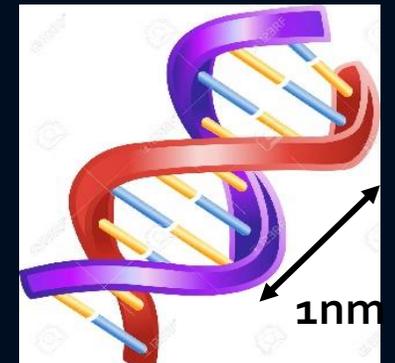
# Costruire un nano- mondo

# Le nanoscienze e le nanotecnologie

Le **nanoscienze** studiano la materia alla nanoscala: indagano le proprietà di sistemi di materiali con dimensioni nell'intervallo fra 1-100 nm (da poche migliaia a 1 milione di atomi)

Le **nanotecnologie** sono i metodi che permettono il controllo della materia nell'intervallo fra 1-100 nm

L'intervallo di lunghezze che va  $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$  a  $1 \text{ }\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$  viene chiamato **nanoscala**



100 milioni



100 milioni

# LA SCALA DELLE COSE

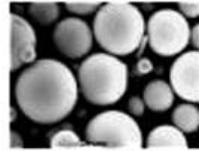
## cose naturali...



acar  
~ 200 µm



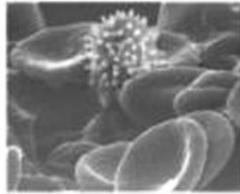
formica ~ 5 mm



fumo ~ 10-20 µm

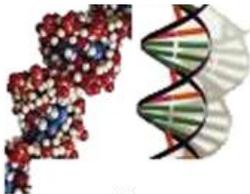


capello, largh.  
~ 60-120 µm

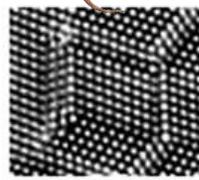


globuli rossi e bianchi  
~ 2-5 µm

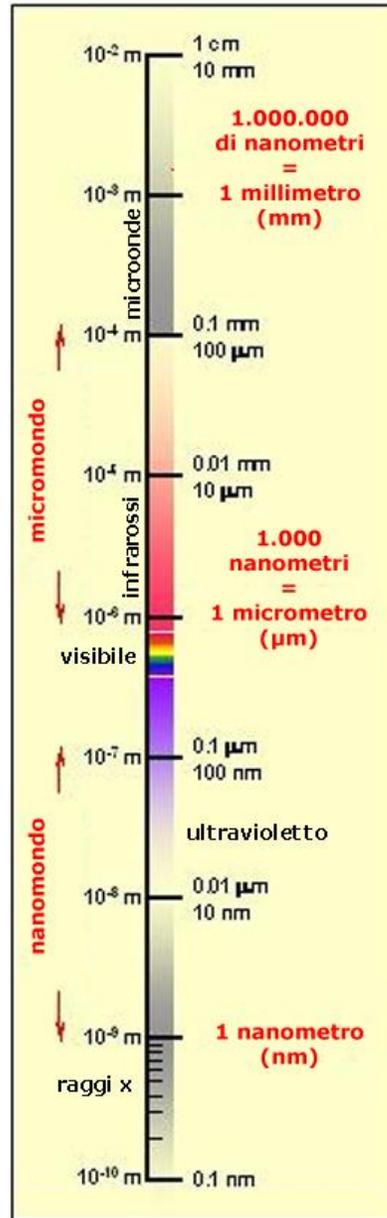
## Madre Natura: il primo nanotecnologo in assoluto



DNA, diametro  
~ 2,5 nm



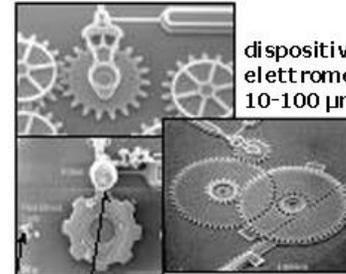
atomo di silicio  
decimi di nm



## ... cose artificiali

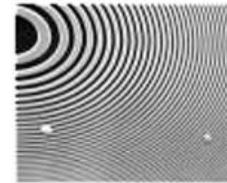


capocchia di spillo  
1-2 mm

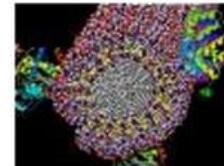


dispositivo micro  
elettromeccanico  
10-100 µm

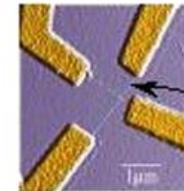
grano di polline  
globuli rossi



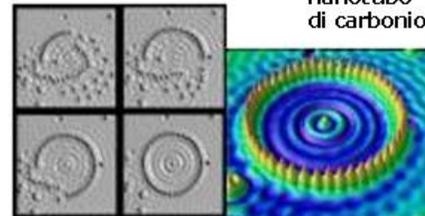
elementi di  
microscopio a raggi x:  
spaziature, ~ 35 nm



mat. aut oagglomerante:  
molte decine di nm

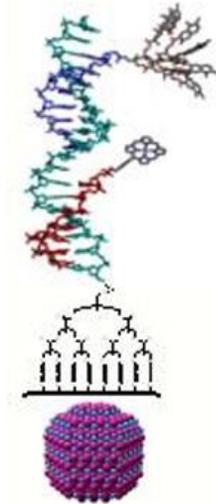


nanotubo  
di carbonio



Quantum Corral: 48 atomi di ferro disposti  
in cerchio su di una superficie di rame utilizzando un microscopio  
a scansione a effetto tunnel (Stm); diametro del "recinto" 14 nm

## LA SFIDA



Fabbricare e combinare  
tra loro mattoncini di  
materia in scala  
nanometrica per  
realizzare, per esempio  
celle a fotosintesi,  
per risolvere i  
problemi energetici

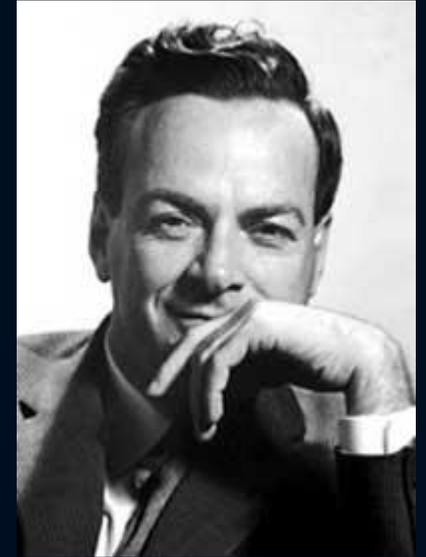


fullerene  
(carbonio)  
diam. ~ 1 nm  
nanotubo di carbonio  
~ 1,3 nm di diametro

# Richard Feynman's Lecture (1959)

*“There's plenty of room at the bottom”*

An invitation to Enter a New Field of Physics



La **spinta** verso le **nanotecnologie** nasce da **due fattori**:

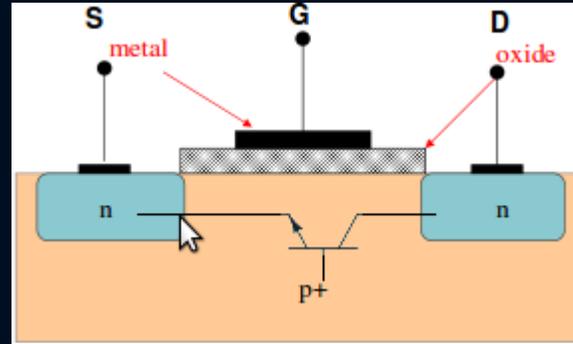
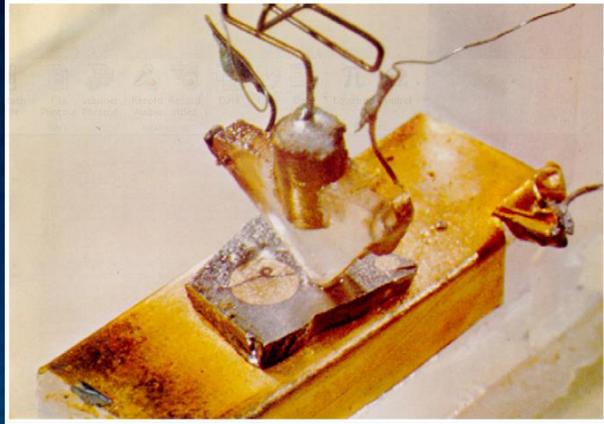
- La necessità di **miniaturizzare**
- La possibilità di sfruttare le **nuove proprietà** della **materia strutturata** a livello nanometrico

## La tecnologia ..ieri

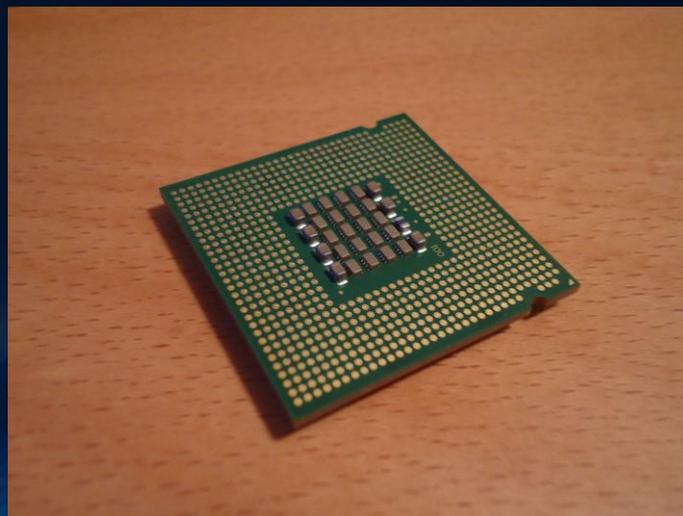
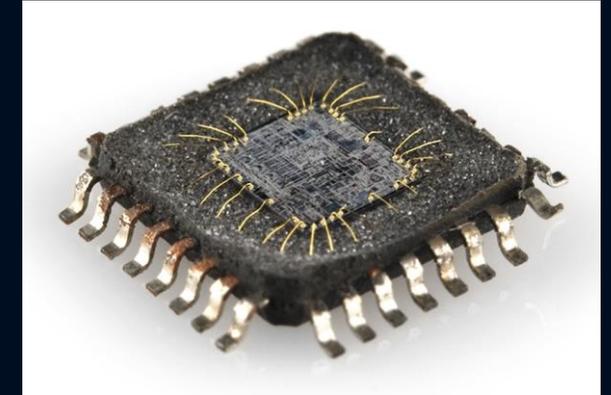


1946- ENIAC: il primo computer, 30 tonnellate, 17000 valvole...non esattamente un computer portatile

Il primo transistor (1947)  
Shockley, Bardeen, Brattain



Circuito integrato (1958)  
Kilby

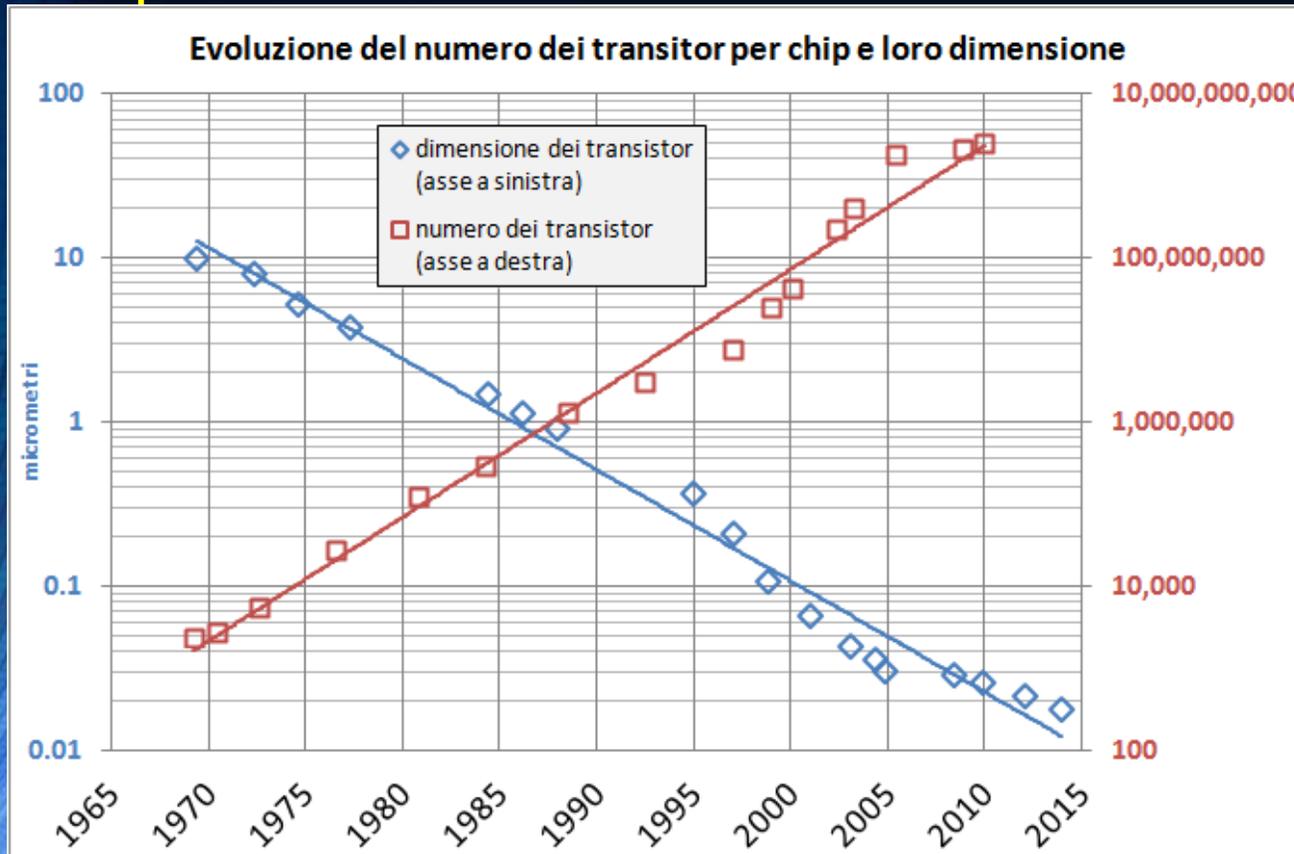


Moderno microprocessore

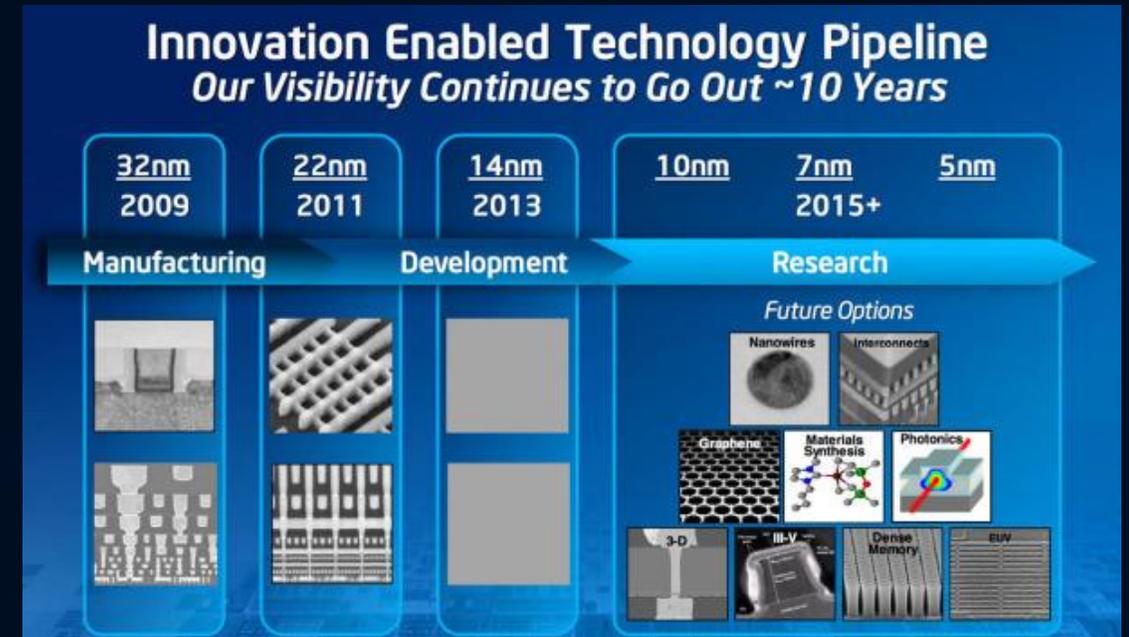


# ...dagli anni '50 in poi: la miniaturizzazione

gli anni settanta, gli anni del "piccolo è bello", sono caratterizzati dal prefisso della nuova modernità: *micro*.....



...dal "piccolo è bello" al "più piccolo è meglio"



**LA LEGGE DI MOORE:** ogni 18 mesi il numero di transistor per chip raddoppia

# DALL'ALTO VERSO IL BASSO O VICEVERSA?

## TOP-DOWN

“Scolpire” i dispositivi dal materiale



Attuale tecnologia dei semiconduttori

“top down” (lo scalpello): si parte da un materiale “grande” e si “scolpiscono” i materiali miniaturizzati



## BOTTOM-UP

“Assemblare” mattoncini (unità funzionali) nanoscopici



Futura tecnologia elettronica ?

“bottom up” (il Lego): si parte da atomi o molecole e li si assembla nel modo giusto



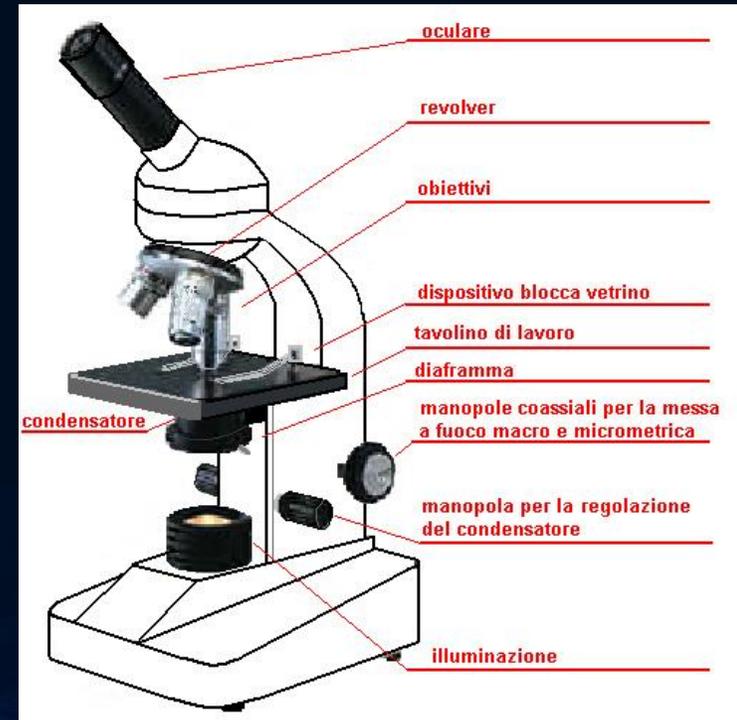
# Il mondo nano bisogna vederlo

Risoluzione: distanza a cui si possono porre due punti nell'immagine e continuare a percepirli come separati



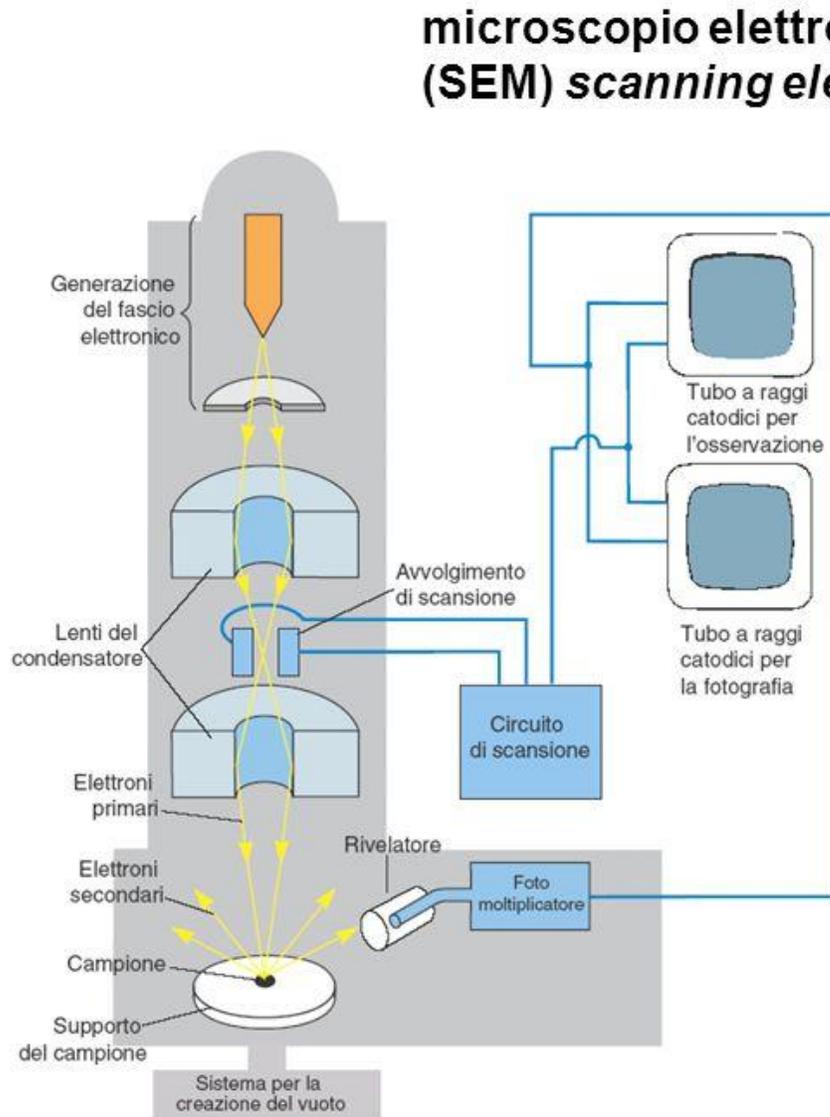
Risoluzione: 0.2 mm

Risoluzione: 0.2  $\mu\text{m}$



# Il mondo nano bisogna vederlo

- **Microscopio**
- Microscopio e
- Microscopio a
- Microscopio a



il campione viene fissato e rivestito da uno strato metallico

una sonda effettua una scansione del campione tramite un fascio molto sottile di elettroni

quando il fascio di elettroni colpisce il campione, gli atomi di superficie liberano elettroni

Risoluzione 1-5 nm

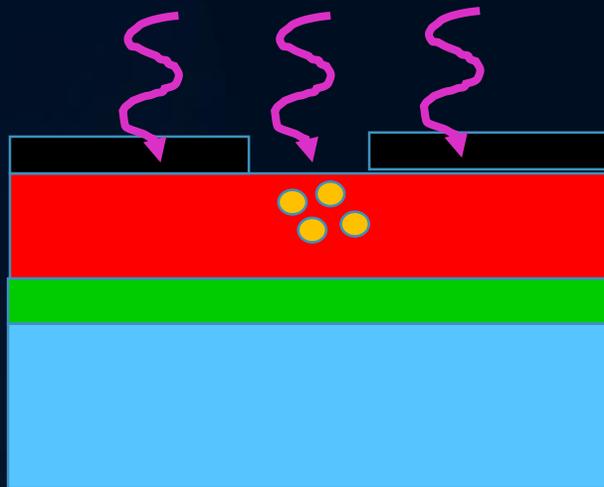
# Approccio "top-down": litografia

**Litografia:** processo utilizzato per trasferire disegni (pattern) geometrici su un substrato o materiale mediante polimeri:

- sensibili alla luce UV (fotolitografia) per dispositivi micrometrici
- sensibili a un fascio di elettroni (Electron Beam Lithography) per dispositivi nano

# Approccio "top-down": litografia

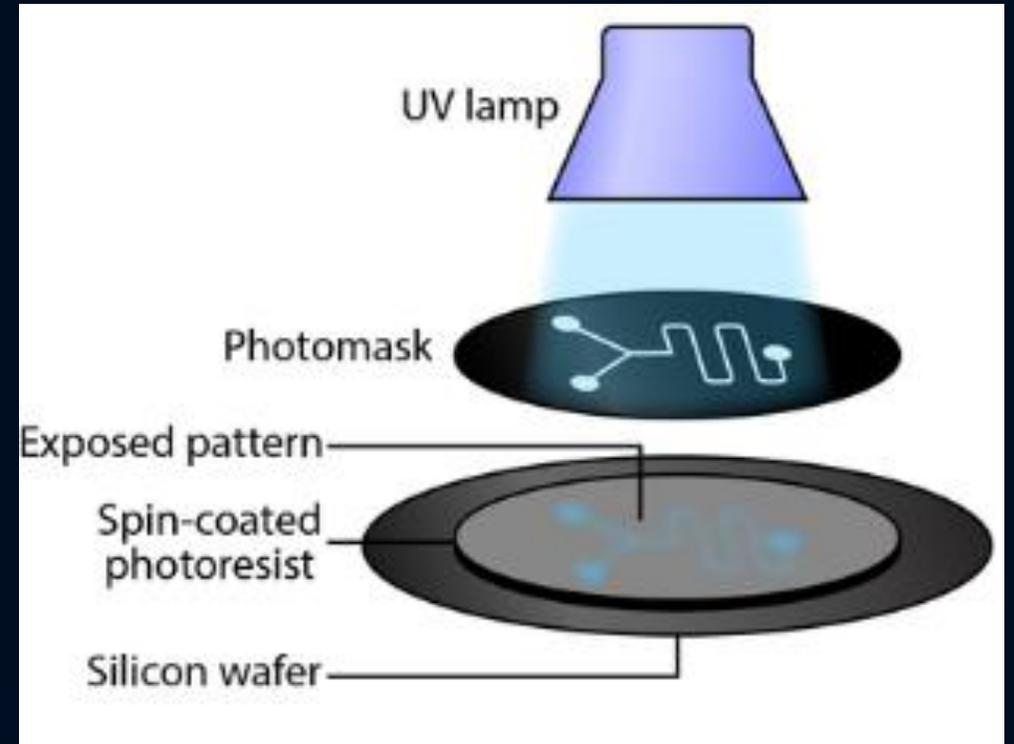
UV, elettroni, raggi X



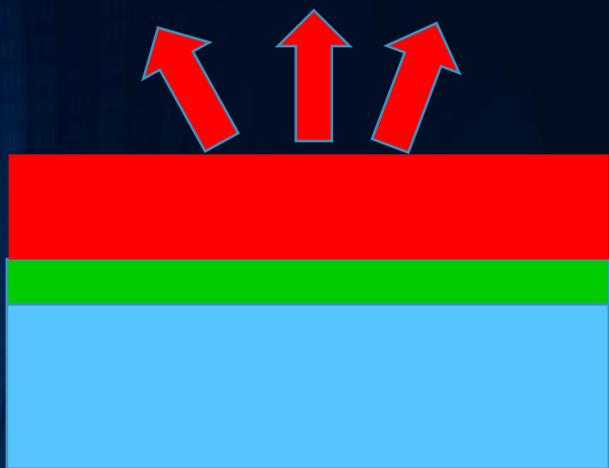
resist

film sottile

substrato

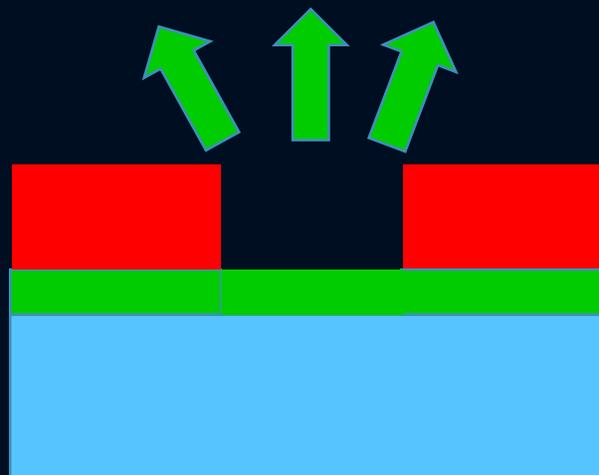


# Sviluppo



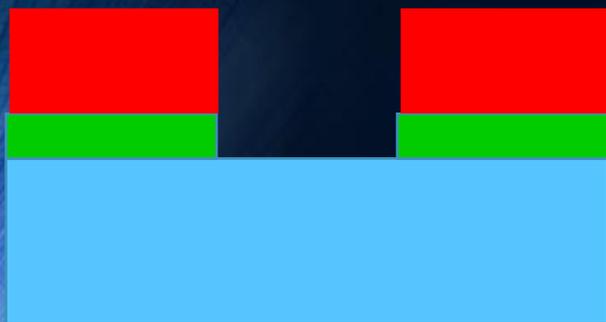
resist  
film sottile  
substrato

# Etching



resist  
film sottile  
substrato

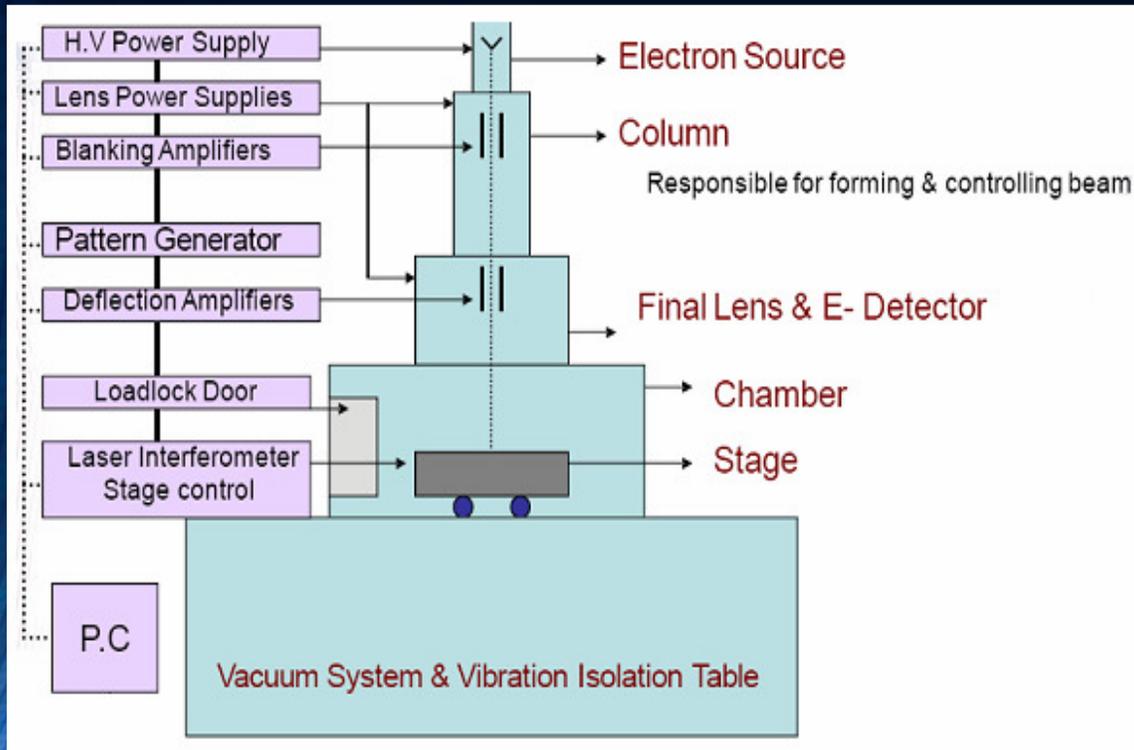
- Wet
- Dry
  1. Plasma
  2. ioni



film sottile  
substrato



# Electron beam lithography



## Strumenti:

- Sistema da vuoto
- Scanning electron microscope (SEM)
- Cannone elettronico
- Interfaccia con un Computer (per controllo del fascio elettronico, creazione del pattern, allineamento etc.)

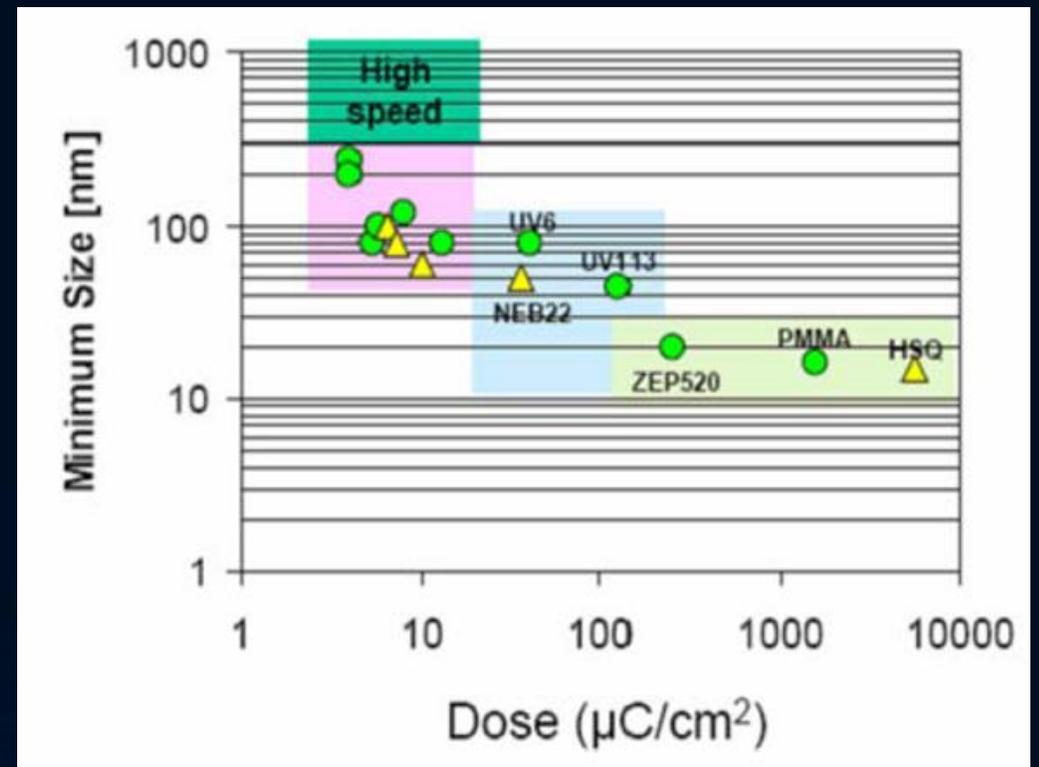
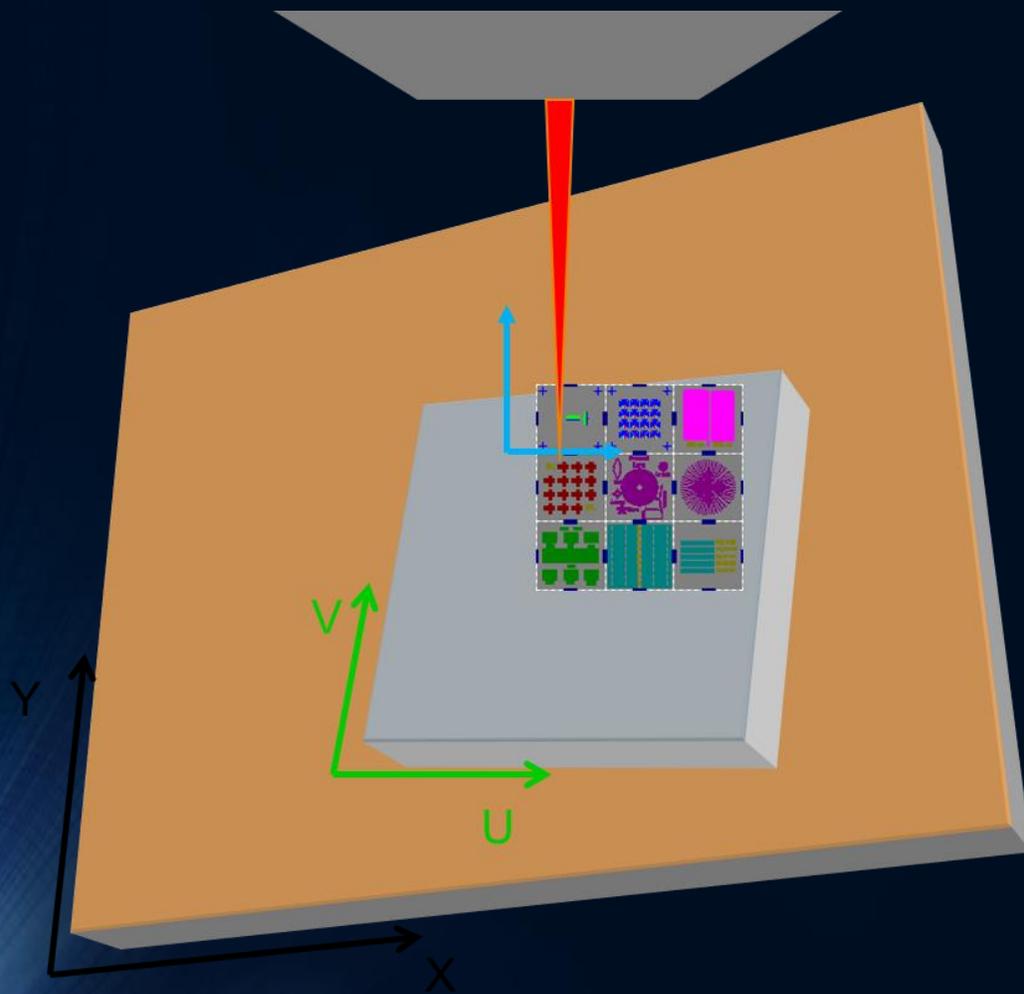
## Vantaggi

- Risoluzione nanometrica ( $\approx 5$  nm)
- Versatilità del pattern

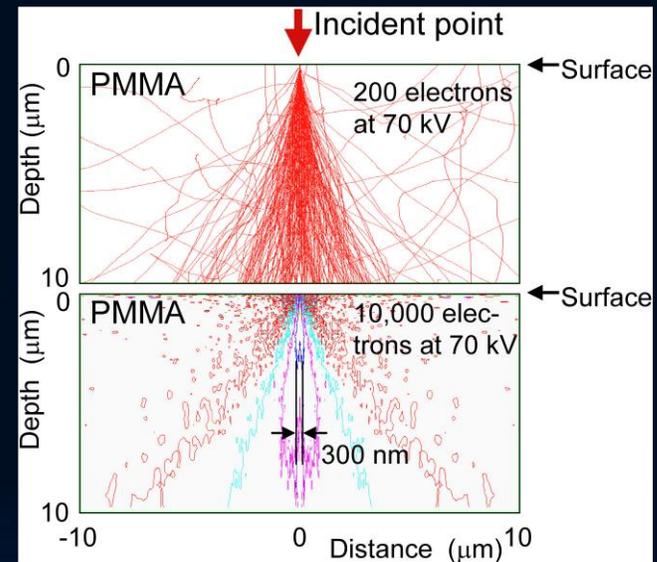
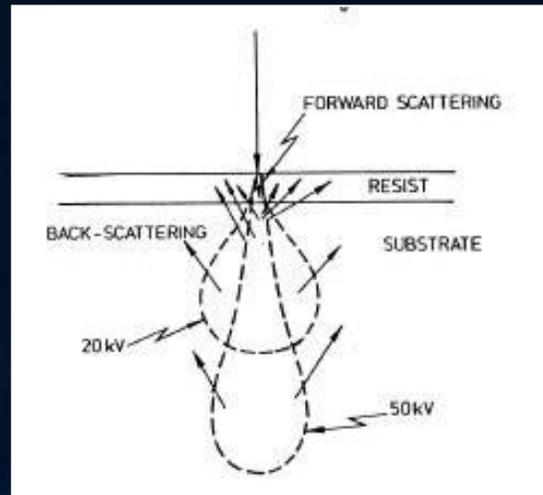
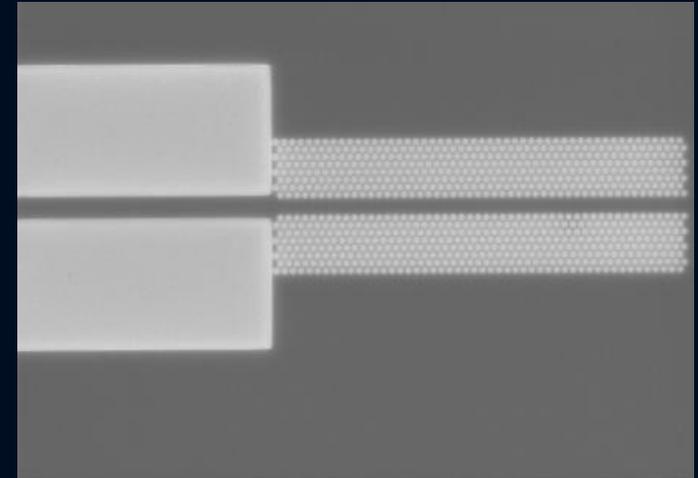
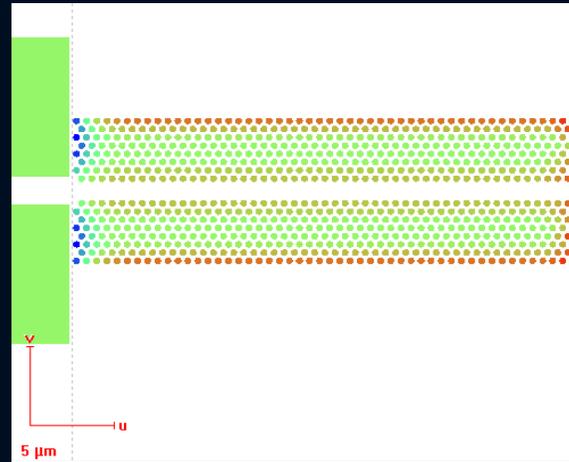
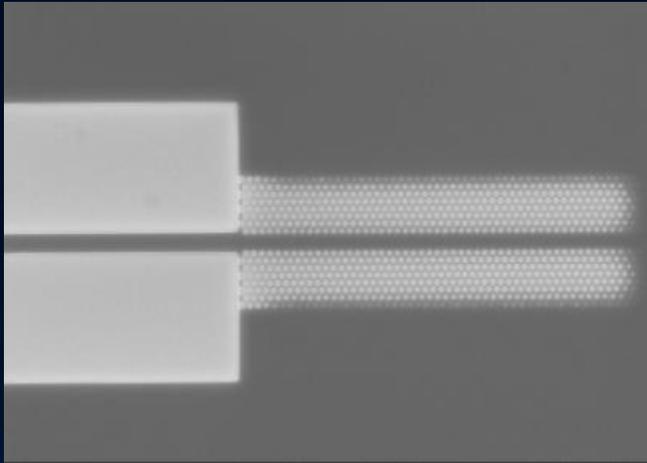
## Svantaggi

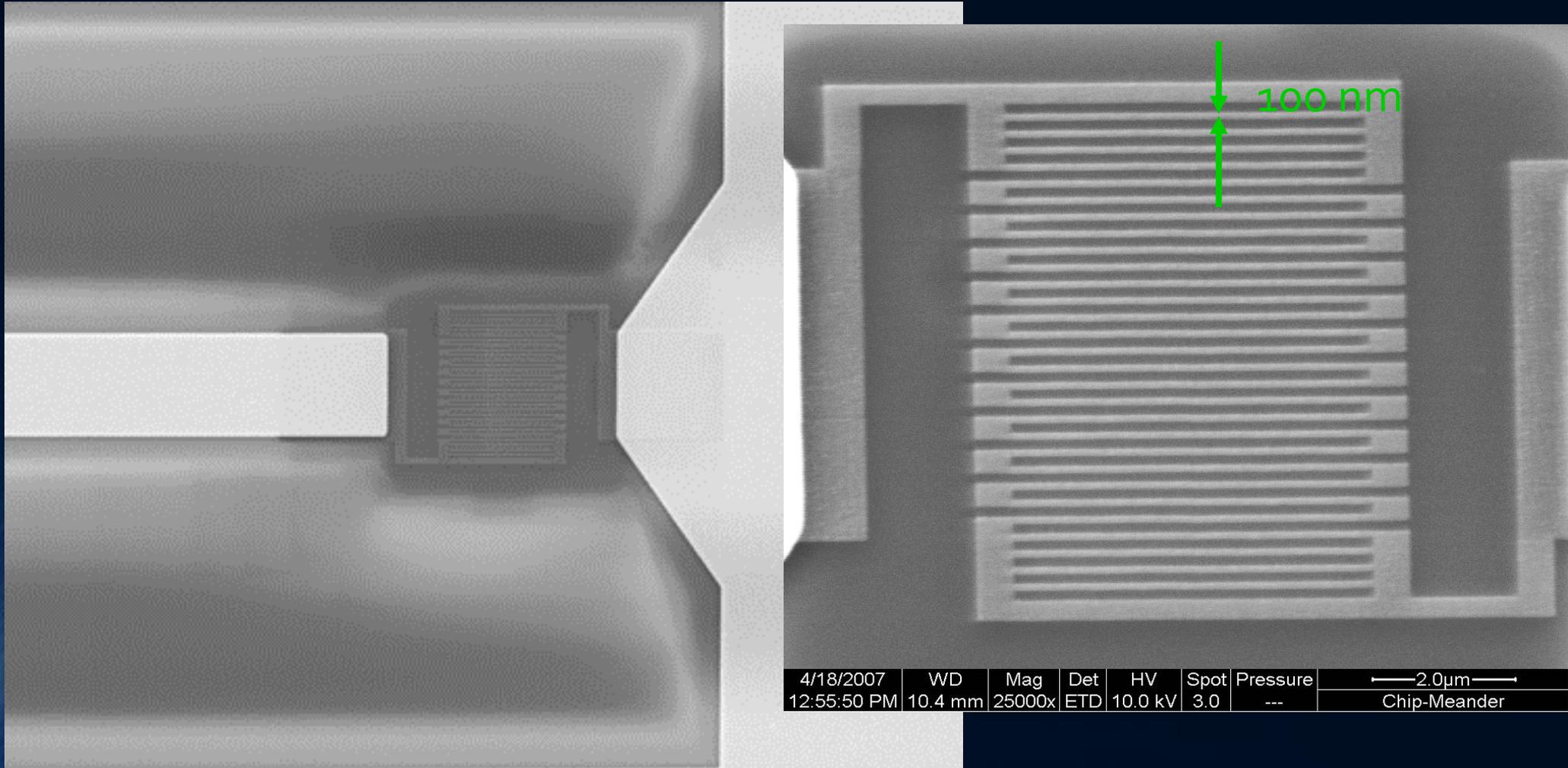
- Complessità
- Lentezza per grandi aree
- costo

# Resist e Dose Factor

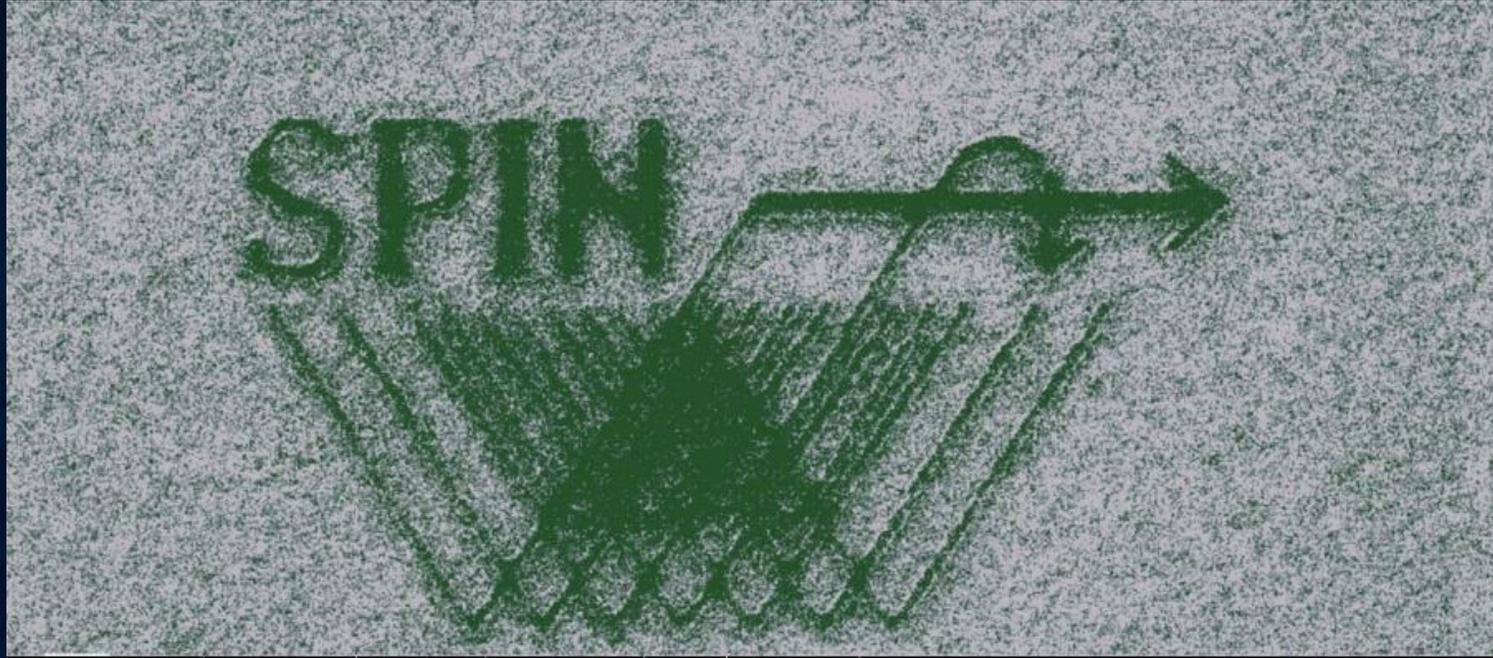


# Effetto Prossimità





4/18/2007	WD	Mag	Det	HV	Spot	Pressure	2.0µm
12:55:50 PM	10.4 mm	25000x	ETD	10.0 kV	3.0	---	Chip-Meander



3/22/2017	WD	Mag	Pressure	Det	HV
6:07:00 PM	10.0 mm	50000x	---	ETD	30.0 kV

1.0μm

# Lab 4: Nanofili metallici per la rivelazione di singoli fotoni nella comunicazione quantistica

## Sede CNR-SPIN Pozzuoli

### Camera per Fotolitografia

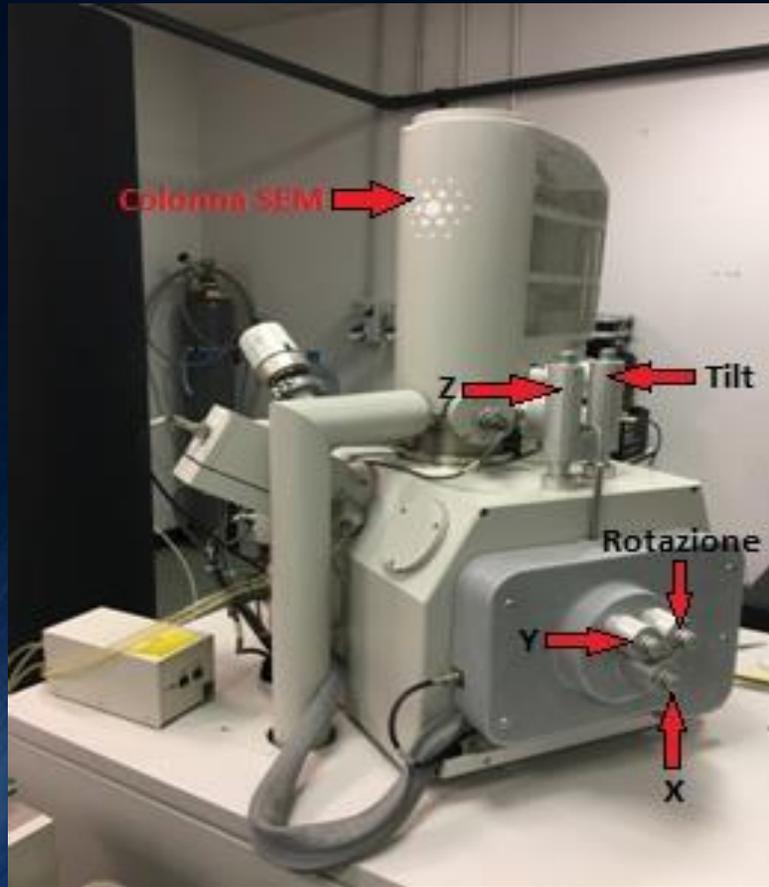


Clean room: ambiente in cui l'area viene mantenuta a valori ben controllati di temperatura e di umidità.



Mask aligner: allinea manualmente la maschera al substrato

# SEM E EBL



# Rivelatori di Singoli Fotoni impieganti Nanostriscie Superconduttive (SSPD)

Einstein: Un fotone è un "pacchetto" di energia elettromagnetica

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

Utilizzabili in:

