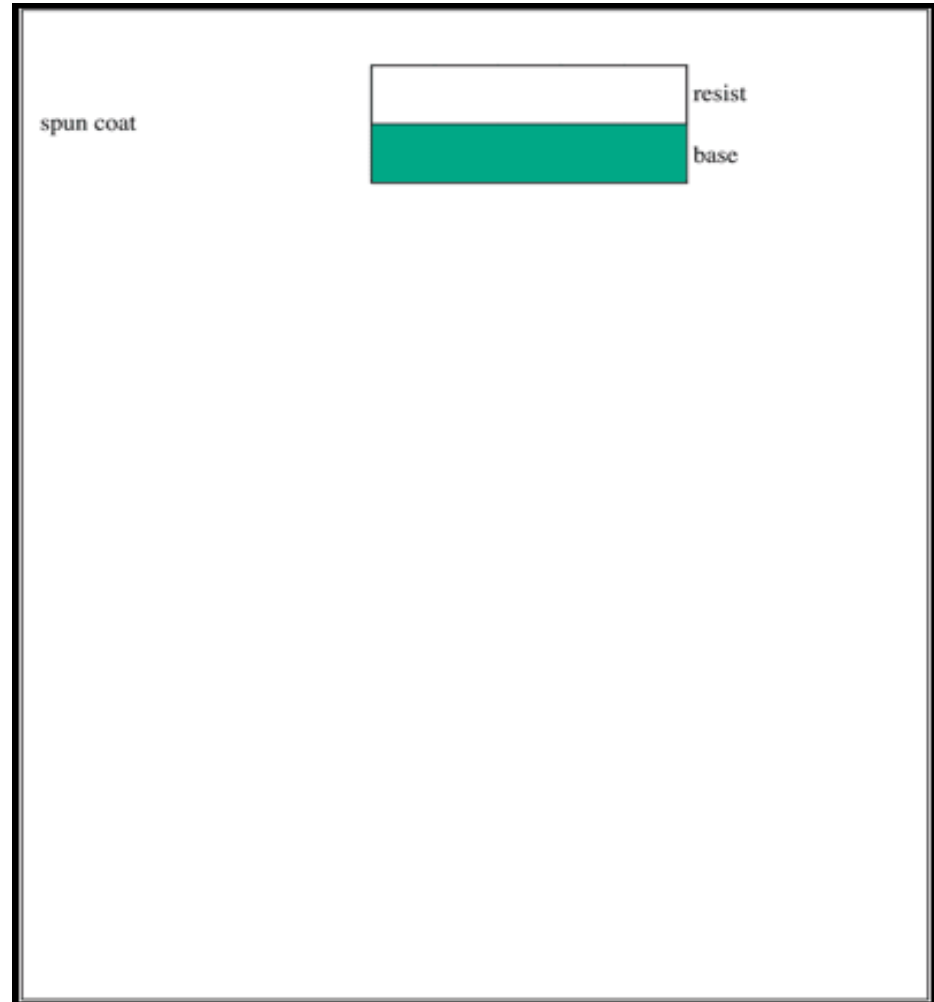


Una breve panoramica dei processi litografici

A. Fraleoni Morgera
Dip.to di Ingegneria e Architettura, Univ. di Trieste
AA 2017-2018

Processo litografico

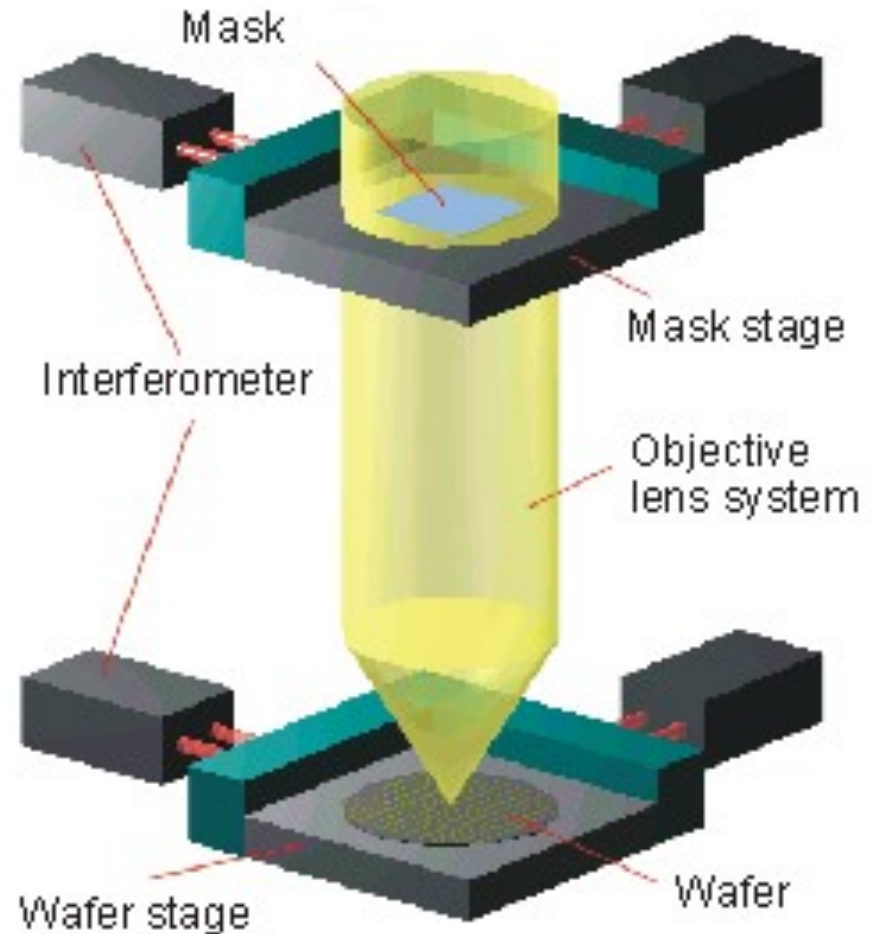
La parola “litografia” si riferisce ad un insieme di tecniche utilizzate per definire un pattern su un substrato (silicio, vetro, GaAs, ecc.). Questo pattern viene poi sfruttato per definire un ulteriore pattern su un film sottile sottostante, per scopi tecnologici vari.



Litografia in pratica

In litografia si utilizzano tre diversi sistemi di proiezioni, le cui denominazioni si riferiscono alla distanza tra maschera e substrato:

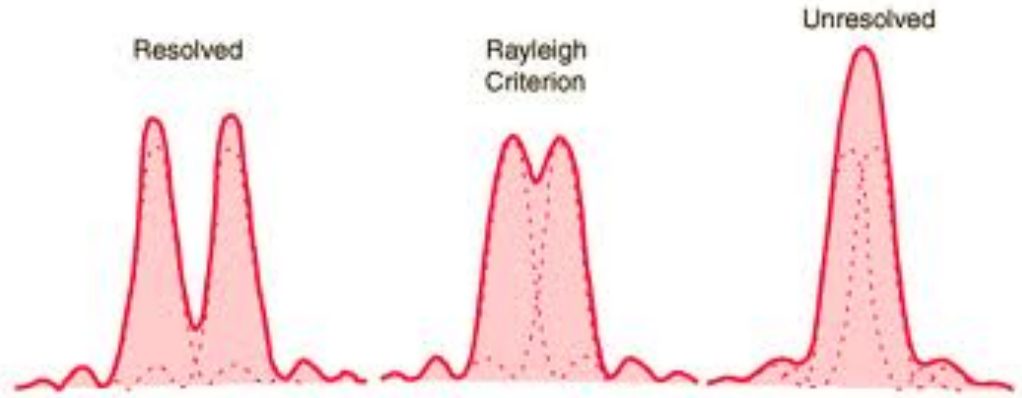
- 1) **contatto**,
- 2) **prossimità**, and
- 3) **proiezione** (è il metodo più utilizzato ed è quello che fornisce le migliori performance in termini di risoluzione).



Limiti di risoluzione litografica

Il criterio di Rayleigh stabilisce la minima separazione spaziale tra due sorgenti di luce che può essere risolta in due distinti oggetti da un fascio ottico.

$$\Delta l = 1.220 \frac{f\lambda}{D}$$



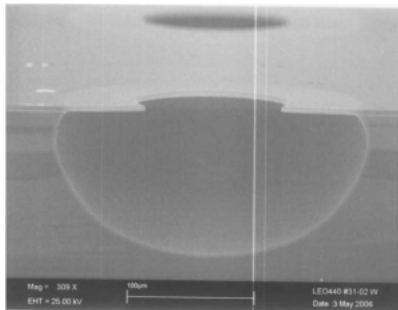
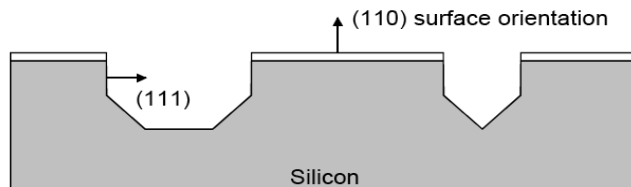
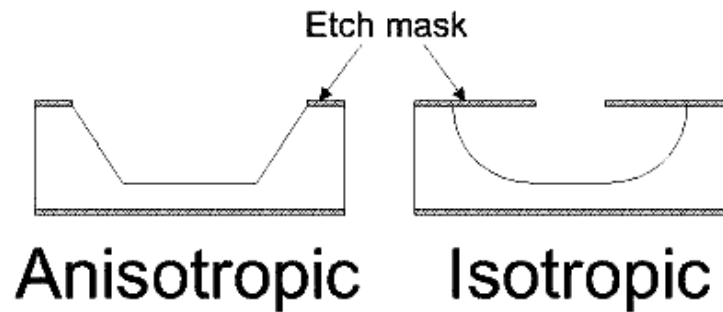
In pratica, dimezzando la lunghezza d'onda si raddoppia la risoluzione spaziale. Con $\lambda = 193$ nm, una delle lunghezze d'onda più piccole attualmente utilizzabili, la minima dimensione ottenibile è di ca. 100 nm.

La litografia a fascio elettronico (Electron Beam lithography, EBL) che lavora a lunghezze d'onda molto minori (unità-decine di pm) può produrre patterns con risoluzioni di ca. 10 nm.

Per andare a risoluzioni minori occorre usare dei “trucchi” per superare il limite di Rayleigh.

Etching (I)

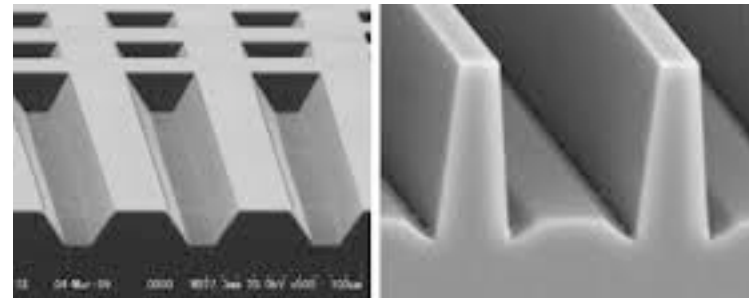
Wet etching



I wafer di silicio possono essere corrosi in modo anisotropo (**anisotropic wet etching**), poiché differenti piani cristallini sono corrosi a diverse velocità utilizzando sistemi corrosivi appropriati.

Tipicamente, gli etch rates per il silicio sono: $(100) > (110) > (111)$. In pratica i piani cristallografici (111) sono i più difficili da corrodere.

Soluzioni corrosive diverse hanno effetti diversi in termini di anisotropia di corrosione. Per esempio HF/HNO₃/CH₃COOH produce etching quasi isotropo, mentre KOH/CH₃CH₂CH₂OH/H₂O promuove un etching anisotropo $(111):(110):(100) \sim 1:600:400$

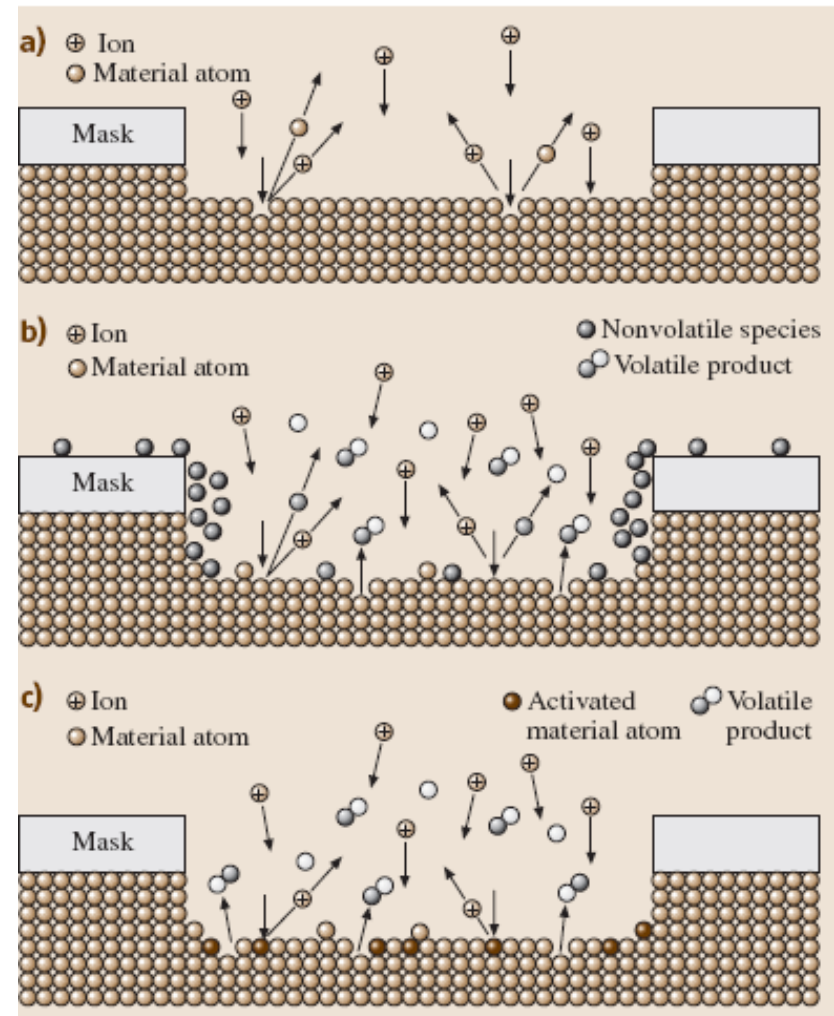


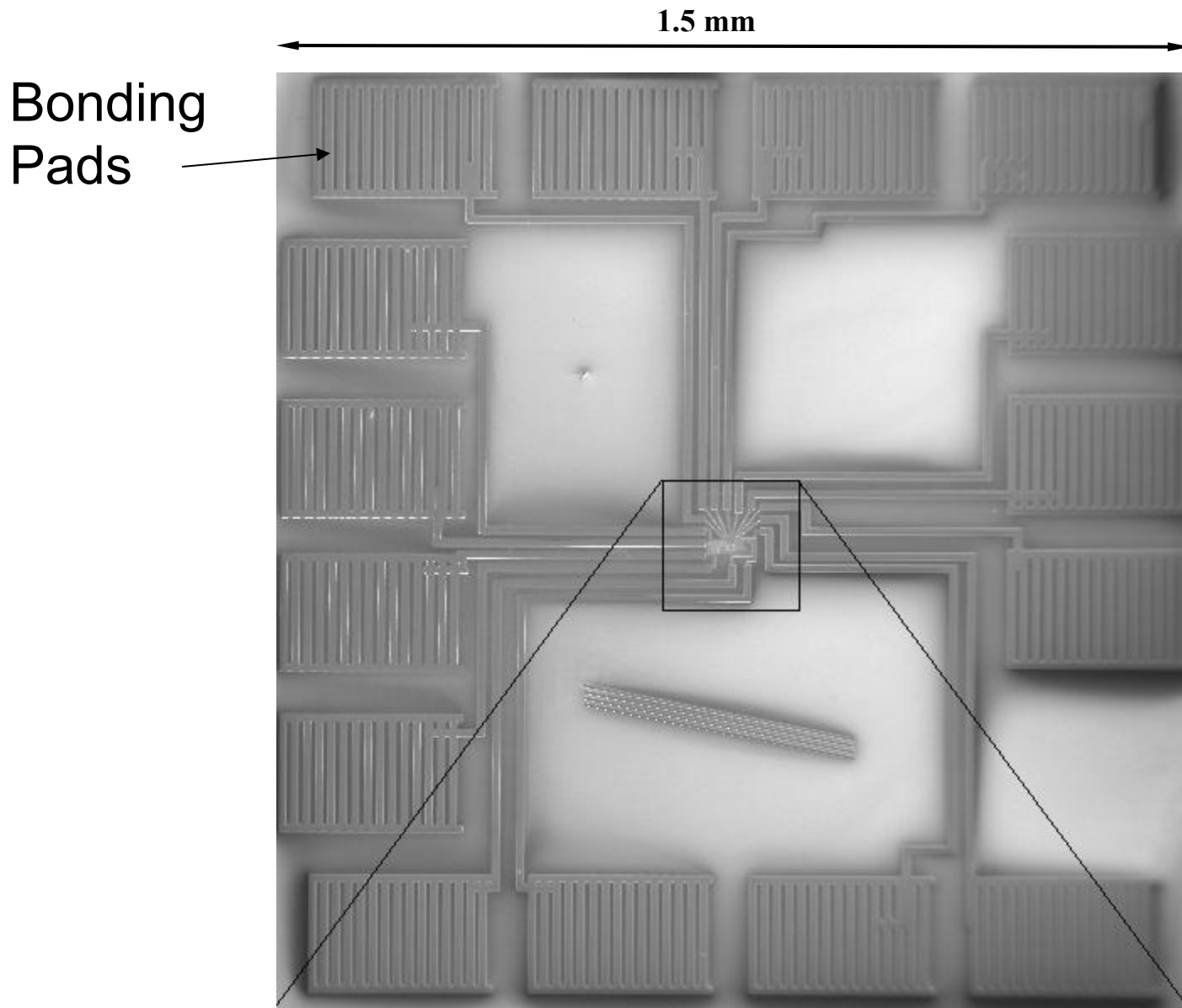
Etching (II)

Dry Etching

- In genere le tecniche di dry etching sono basate sul **plasma**. Hanno molti vantaggi rispetto al wet etching:
- minore **undercut** (il che permette di definire patterns con migliore risoluzione)
- **maggiore anisotropia** (permettendo di realizzare strutture ad alto aspect ratio).

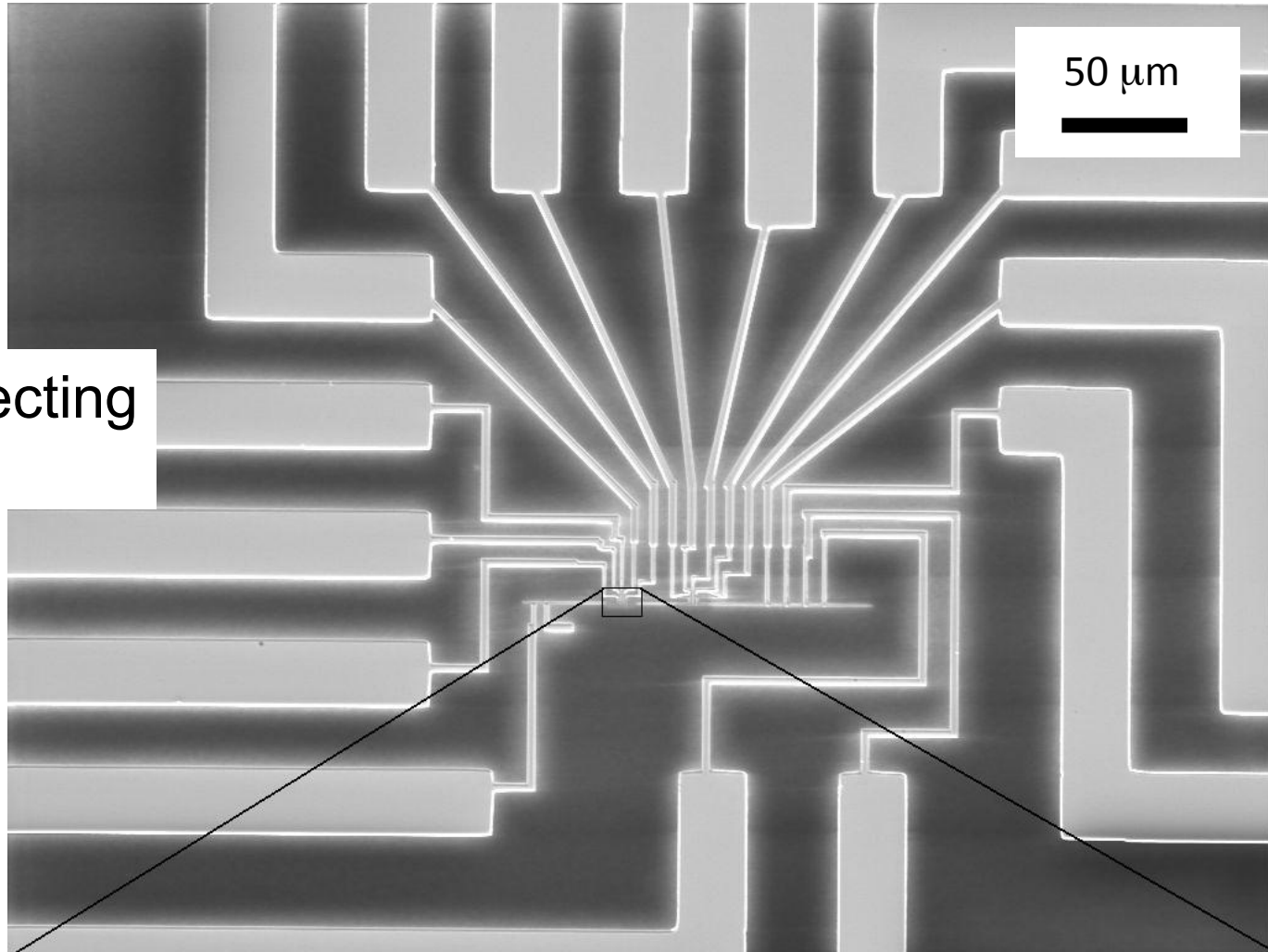
- (a) **ion milling**,
- (b) **plasma etching** ad alta pressione
- (c) **RIE (Reactive ion etching)**

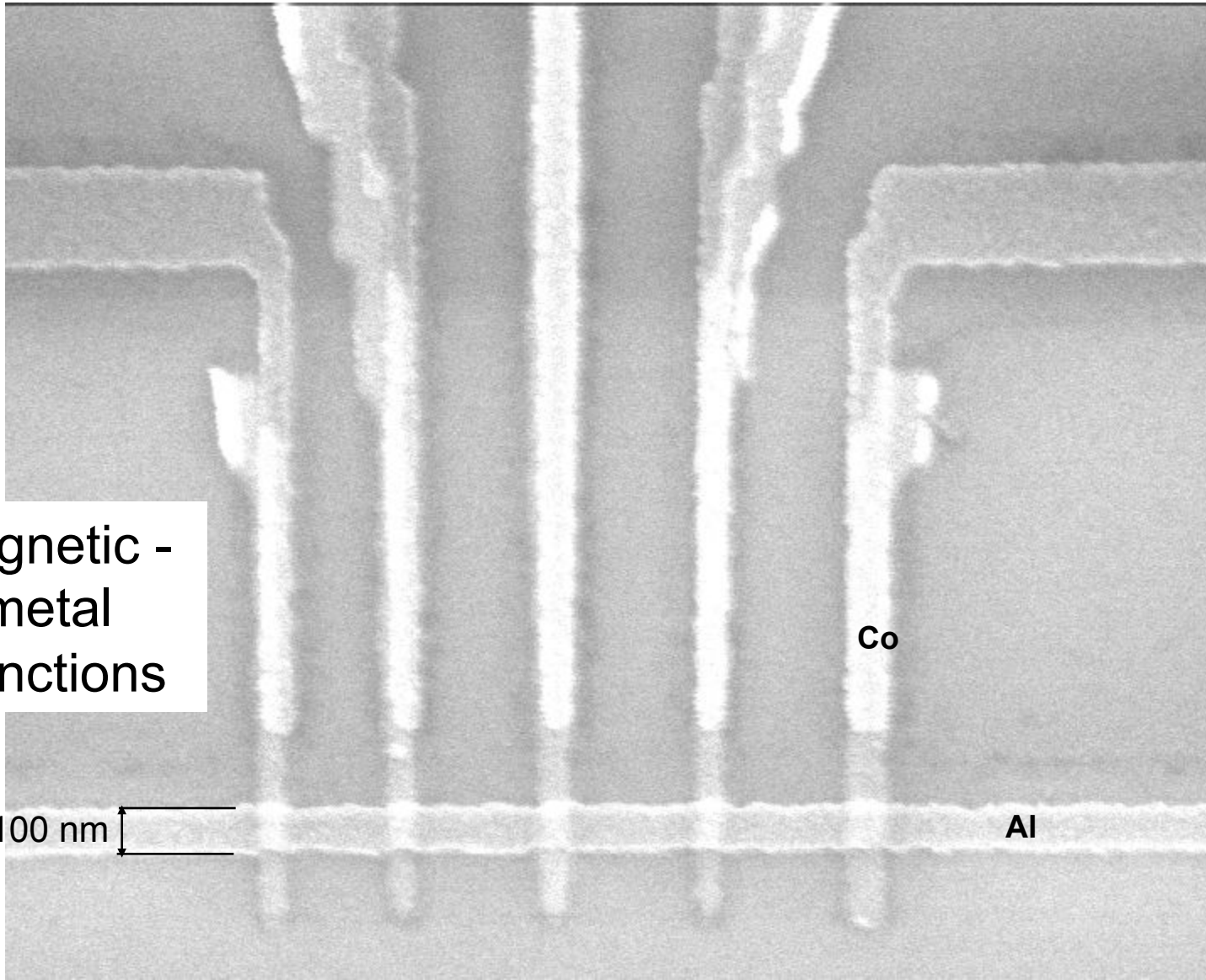




Contact "cage" to nano-circuit -- for rapid testing

Connecting
Strips





Ferromagnetic -
Normal metal
tunnel junctions

100 nm

Co

Al

Circuit to measure spin injection from ferromagnet (Co) to normal metal (Al)