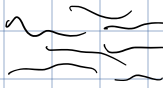


• Metalli evaporati in un vuoto per effetto Joule  $\rightarrow e^-$  sparsi con corpi UV vuoto  $10^{-8}$ .

• photoresist AZ5214 sia positivo che negativo.

 polimeri di photoresist (catene)

POSITIVO: se la luce UV colpisce le catene  $\rightarrow$  si spezzano  $\Rightarrow$  si sviluppa e rimuove

se gli diamo una dose piccola di energia i legami non si rompono del tutto  $\rightarrow$  possiamo saldare



CROSS-LINK con il calore

si rilegano i legami chimici  $\Leftarrow$  NEGATIVE resist  
il photoresist non si elimina con lo sviluppo  
(o image reversal)

• profilo dell'etching:

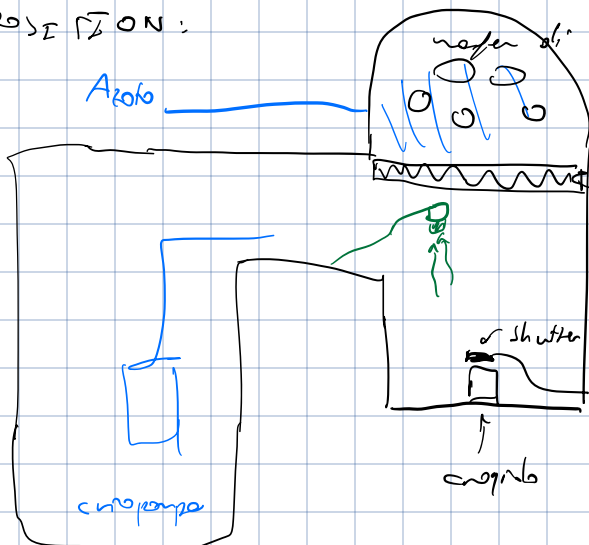


↑  
profilo negativo

↑  
profilo positivo

se depositiamo metallo possiamo fare LIFT-OFF con il profilo negativo.

1) DEPOSITION:



vuoto  $\rightarrow$  elimina aria sporca

valvola per separare aria da vuoto (carica i wafer)

senza di questo  $\rightarrow$  in base a quanto materiale si deposita cambia la frequenza di risonanza e quindi spegniamo la deposizione.



$e^-$  che scappa sul cubo e fa evaporare il materiale.

2) CLEAVING del wafer (tagliato cristallo lungo l'asse cristallografico)

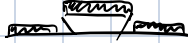
1 pezzo per SEM

1 pezzo DEVELOPED per fare il LIFT-OFF

3) PROFILOMETRO del secondo pezzo

misura  $\rightarrow$  leveling  $\rightarrow$  trova lo  $\phi$

reading 62 nm di Al depositato invece di 50 nm

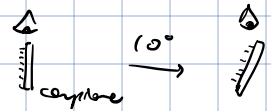
4) SEM del pezzo senza lift-off  ci aspettiamo

in più ha anche un "camore" e così si gelano.

$\text{Ca}^+$  viene preferenzialmente speso sul materiale ed è usato per scavarne anche materiali duri

• SEM utilizzato anche come TEM e RIB (!)

• Campione messo su un supporto verticale in modo da "tiltarlo" a  $90^\circ$ , e poi lo filiamo leggermente  $\sim 10^\circ$

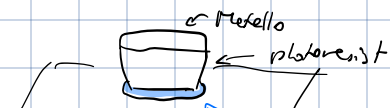


• CIS: Ca<sup>2+</sup> Injection System usato per il platino (!)

• nota:  $\sim 5 \cdot 10^{-6}$

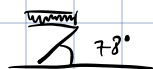
• scansione con 20 kV  $\rightarrow$  gli e<sup>-</sup> entrano molto nel materiale e non si vede la differenza photoresist / metallo

vediamo



zona senza metallo, "ombreggiata" dal photoresist negativo e quindi il metallo non è depositato

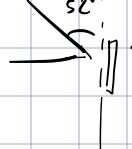
• Angolo



altezza 1.12  $\mu\text{m}$  PR + Metallo

• SEM usato per scavo

"pistola"

ioni Ge  capsule, dobbiamo mettere di più per averla L alla pistola ionica

- Proximity effect

## LITOGRAFIA

### AZ5214E

1) soft bake

2) Primer con spinner HMDS  $\rightarrow$  fornisce l'adesione del photoresist

3) photoresist con spinner 1.4  $\mu$  positivo

4) soft bake 110°  $\rightarrow$  fogliare maggior parte componenti volatili

5) Mask + UV exposure system

6) Develop a base di idrossido di potassio

2) wafer messo in un LEVER per non sporcare lo spinner con il resist.

Pulito con acetone.

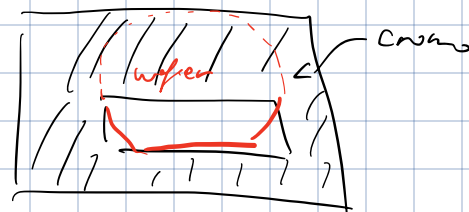
3) useful: Azoto per evitare che il PR cada nel motore dello spinner

Pompa a vuoto per bloccare il wafer.

5) Maschere Crano + SiO<sub>2</sub> create con laserlinter.

La parte con il crano ne "attacca" al wafer. Si fa un allineamento

grossolano con il plat del wafer nel quadrato della maschera.



Poi si attaccano wafer e maschera con delle viti e dei supporti.

Se si aderisce bene si vedono delle frange di diffrazione.

• Schermo protettivo UV.

LED 365 nm 100% potenza 40 secondi. UV exposure flood

La maschera non si sporca, però si rovina un po'.

• Si nota una leggera variazione nell'indice di rifrazione.

## ETCHING

Fatto su 2 campioni.

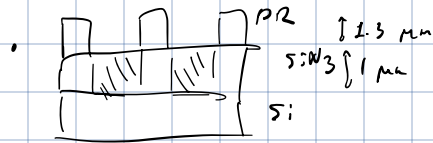
1) 1. strato Nitruro (photoresist cap)

2 Nitruro fa da scavo per il silicio

caratteristiche selettività Nitruro - PR e Nitruro - Silicio

2) usano direttamente PR - Silicio PR con maschera

Deep Reactive Ion Etching:  $\text{CHF}_3 + \text{SF}_6 + \text{C}_4\text{F}_8 \rightarrow \text{Silicio forma SiF}_4$



Flusso  $\rightarrow$  scavo Si,  $\text{SiN}_3$ ,  $\text{SiO}_2$   
(può sputterare qualche metallo  
non si usa)

1. spessore photoresist

$\text{ClO}_2 \rightarrow$  scavo Indio...

2. strato Nitruro

$\text{Ar} \rightarrow$  sputtering

3. spessore Nitruro

$\text{O}_2 \rightarrow$  Pulitura camera

4. Develop PR

$\text{He} \rightarrow$  flusso di He sotto il wafer perché è un  
ottimo conduttore termico in fase gas.  
Se per mantenere la stessa Temperatura  
devo dare più Helio allora vuol dire  
che il wafer è messo male (posizionato)  
o c'è sporcizia

5. Silicio scavo

} stesso processo

1.  
4.

Plasma:  $e^-$ , ioni, radicali, neutri.

radiali:  $F$ ,  $HF$ ,  $F_2$   
cani

• Parameter principali: pressione, Temperature, bias, pressione del gas  
↓  
 $-130 \div 150^\circ C$

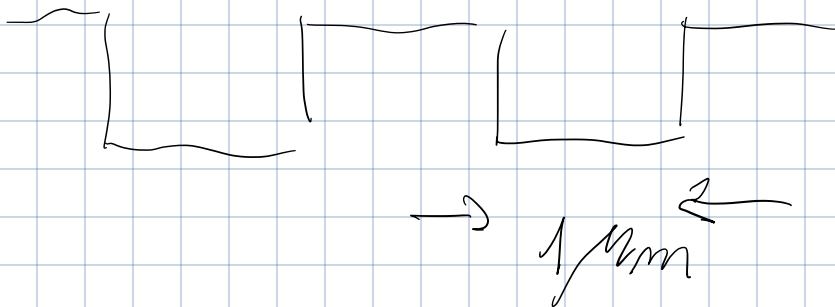
Scallops → rugosità dell'etching, cryo temp. diminuisce gli effetti della rugosità. e.g. PROCESSO BOSCH

### Processo:

1. Profilometro →  $1.3 \mu m$  PR  
 $1.36 \mu m$  struttura più grande per avere una controparte  
 $1.26 \mu m$   
 $1.394 \mu m$

1° campione  
2° campione

## SENSIBILITÀ PROFILOMETRO (KLA P-17)



2. RIE, 1° campione:  $CHF_3 + O_2$  per 9 minuti.

Caricato nel LoadLock

- Recipe:
  - controllo temperature, pompaggio
  - si accende il plasma, ICP ~ 500W per il plasma
  - fa partire i gas e stabilizza
  - si accende l'RR ~ 20W

pompaggio rimuove scotto rimosso.

Pulizia camera  $O_2$

3. Profilometro  $\rightarrow$   $\left. \begin{array}{l} 1.74 \mu\text{m} \\ 1.735 \mu\text{m} \end{array} \right\} 1^{\text{a}} \text{ campione}$

il photoresist con il bombardamento si rivedica  $\rightarrow$  la struttura cambia leggermente e si indebolisce

4. Sviluppo PR del  $1^{\text{a}}$  campione  $\rightarrow$  riscaldato + acetone

5. RIE del Si + PR, RF ~ SW,  $\text{SF}_6 + \text{O}_2$  per 2.5 minuti  $5^{\circ}\text{C}$

dovrebbe etchare 5/6  $\mu\text{m}$

6. Profilometro post sviluppo:



# illeggibile (troppo PR)  $\left. \begin{array}{l} 1.052 \mu\text{m} \end{array} \right\} 1^{\text{a}} \text{ campione}$

circa 700 nm di PR consumato dall'etching.

$1.74 \mu\text{m} - 1.052 \mu\text{m} \rightarrow 0.65 \mu\text{m}$  di PR

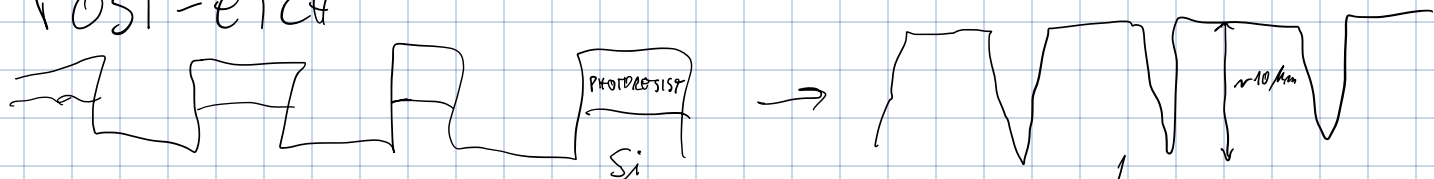
$1.3 \mu\text{m PR} - 0.65 = 0.65 \mu\text{m}$  consumato dall'etching  
rimasto post etch

Selettività 1  $\mu\text{m SiN}_3$  : 0.65  $\mu\text{m PR}$  fa schifo, meglio usare Al o Cromo.

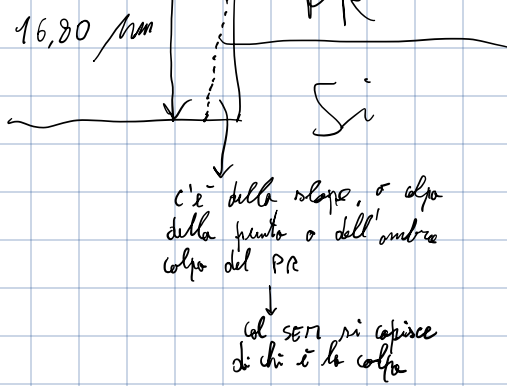
7. Ripulisco il  $1^{\text{a}}$  campione del resto del PR con  $\text{O}_2$  a un processo piranha

7. PROFILOMETRO CAMPIONE 2

POST-ETCH



fa schifo per prossimità e perché è troppo profondo



è la punta del profilometro  
è troppo grande

per rimuovere il  
PR rimonta da prima

## 9. ETCH DEL PR SU CAMPIONE 2 (e 1)

- 5 minuti su piastra → sopra i 50°C

MATTEO MERDA

## 10. MICROSCOPIO OTTICO CAMP. 1

Molto PR è rimasto, sembra sporco/crepato, è dovuto agli ioni del DRIE che lo hanno indurito

Nell'immagine: - VERDE → MITRUR

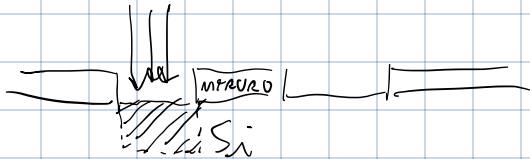
- GIALLO → Si

- MARRONCINO → PR

→ NON SONO  
SICURISSIMO

OXFORD INSTRUMENTS  
PLASMA PRO 100 COBRA

## 11. DRIE SU CAMP. 1 PER SCAVARE Si USANDO MITRUR CON MASCHERA



## 12. PROFILOMETRO SU CAMP. 2 SENZA PR (IN TEORIA)





SELETTIVITÀ = 75 : 1

$\sim 15 \mu\text{m}$

$\sim 0,2 \mu\text{m}$

$\rightarrow 0,2 \mu\text{m}$  sono stati mangiati nel DRIE per rendere il Si

prima era alta  
 $16,8 \mu\text{m}$  con circa  
 $1,2 \mu\text{m}$  di PR

sembra che il PR sia stato rimosso quasi tutto

### 13. PROFILO METRO CATP. 1 SE NEA (QUASI) PR

