

Etching



Francesco Biagini

Ph.D student

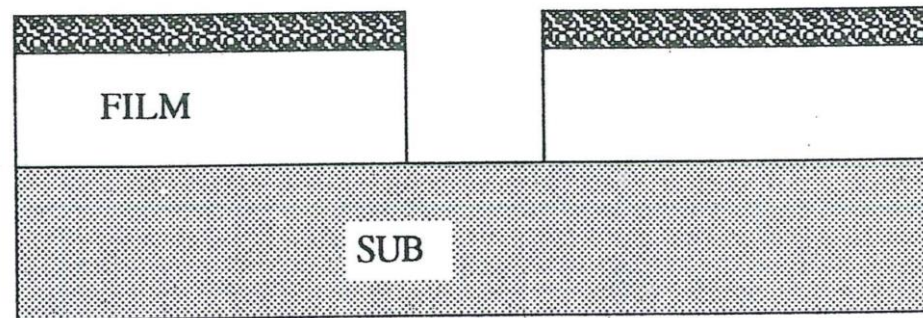
francesco.biagini@phd.unipi.it

Dipartimento di ingegneria
dell'informazione – Università di Pisa

Centro di ricerca Enrico Piaggio

Etching

- Rimozione di materiale
- Possono essere fisici o chimici
- Sono selettivi per il materiale da rimuovere
- L'attacco deve essere in posizione Verticale (prevalentemente)



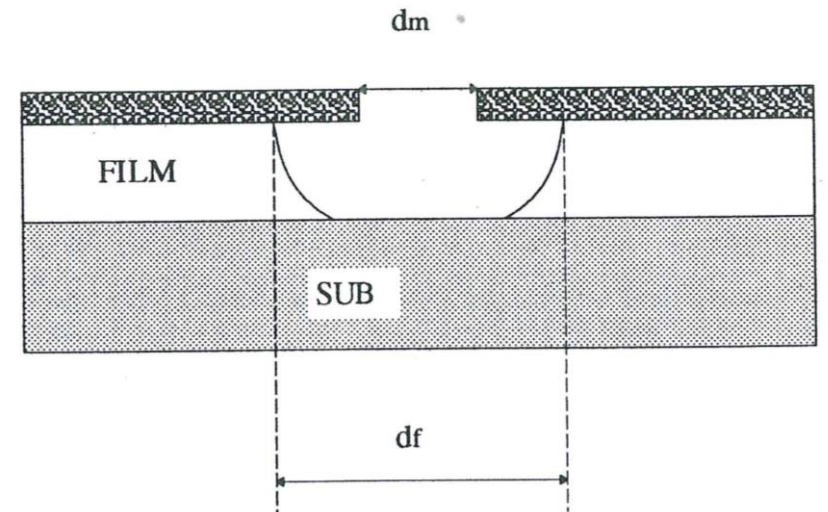
Etching

La fedeltà di riproduzione di un particolare della maschera è definita da due parametri:

Bias : Variazione tra il materiale che vogliamo rimuovere e quello effettivamente da rimuovere

$$B = d_f - d_m$$

Riduzione di d_f



Etching

Anisotropia

$$A = 1 - \frac{v_o}{v_v}$$

In cui v_o è la velocità di attacco nella direzione orizzontale e v_v in quella verticale.
Risulta che $0 < A < 1$ e che A deve tendere a 1

Etching: Attacchi in fase liquida

Parametri che controllano la velocità di reazione:

- La concentrazione della specie attiva in soluzione
- La temperatura della soluzione
- L'agitazione della soluzione che controlla il rinnovo dei reagenti in contatto con la superficie da attaccare; sono stati sperimentati vari metodi di agitazione tra i quali quello meccanico, ultrasonico, il gorgogliamento di gas inerte, lo spray della soluzione di attacco sul wafer
- Il tempo di attacco che deve essere stimato anche in funzione dei parametri suddetti

Etching: Attacchi in fase liquida

Esempi per ossido di silicio e silicio

- Attaccati da una miscela di acido nitrico e fluoridrico (HNO_3/HF) diluiti in acqua o acido acetico (CH_3COOH).
- Due funzioni:
 - HNO_3 trasforma la superficie del silicio in ossido di silicio
 - HF agisce da agente complessante trasformando la silice in H_2SiF_6 che, essendo solubile nel diluente, viene rimosso.
- Risulta evidente che per rimuovere l'ossido di silicio basta una soluzione di HF

Etching: Attacchi in fase liquida

Esempi per ossido di silicio e silicio

- Attacco isotropo
- La velocità di attacco è inoltre influenzata da:
 - Orientazione cristallina
 - Drogaggio
 - Dalla temperatura e dalla agitazione del bagno
- Altre tipologie di attacco di questo tipo favoriscono «l'anistropia»
 - Un attacco con idrazina o etilendiammina/pirocatecolo o idrossido di potassio diluiti in acqua o alcool isopropilico favoriscono l'attacco su superfici [100] rispetto a superfici [111]

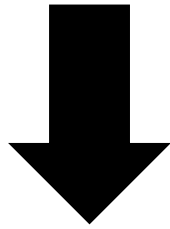
Etching: Attacchi in fase liquida

Esempi per nitruro di silicio

- Acido fosforico (H_3PO_4) a temperature di 170-190 °C
- Viene miscelato con *BHF* per diminuire la temperatura di utilizzo (soluzione molto corrosiva)
- Velocità di attacco molto bassa
 - Si preferisce i metodi dry

Etching: Attacchi dry

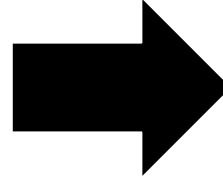
Problemi della fase liquida



- Isotropia
- Inefficienza e pericolosità di alcune soluzioni

Etching: Attacchi dry

Problemi della fase liquida



Attacchi dry

- Isotropia
- Inefficienza e pericolosità di alcune soluzioni

- Attacchi in plasma
- Ion beam etching
- Attacchi in plasma reattivo

Etching: Attacchi dry

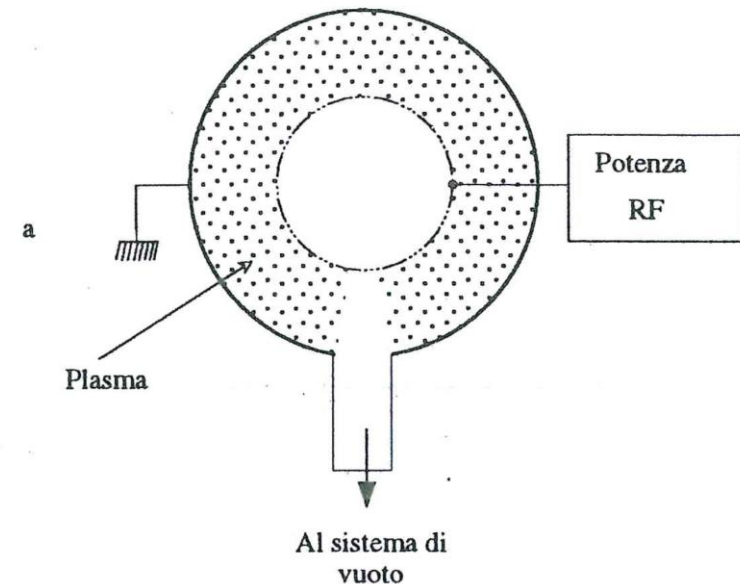
Attacchi in plasma

- Se vogliamo usare il plasma, si sceglie un gas attivo con la superficie in quanto i radicali liberi del plasma sono le specie più reattive
- Prodotti di reazione devono essere più volatili possibile
- In genere composti del carbonio con alogeni che forniscono radicali alogenati altamente reattivi

Etching: Attacchi dry

Attacchi in plasma

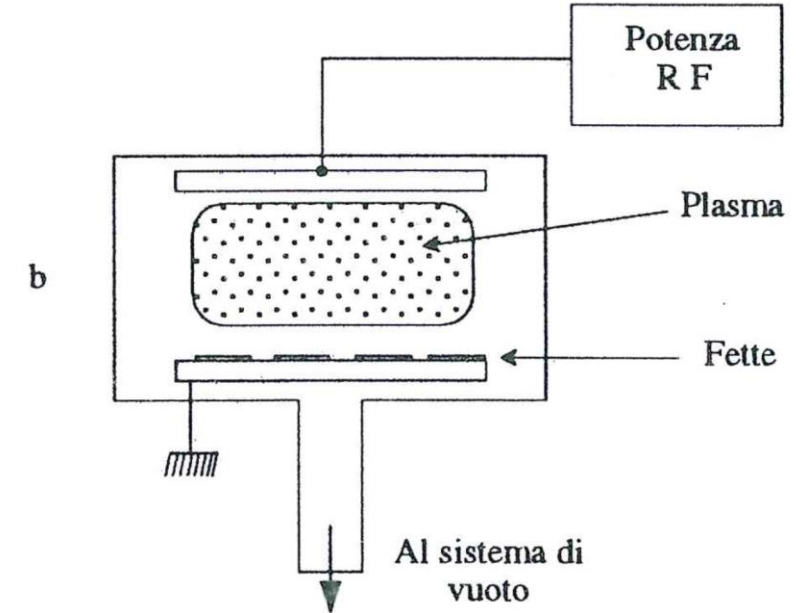
- Reattore tunnel
 - Il plasma è separato dalle fette da una griglia cilindrica che costituisce il tunnel: il plasma è eccitato nel condensatore cilindrico costituito dalla parete esterna del reattore e dalla griglia.
 - Effetto di attacco isotropico: direzioni delle velocità completamente casuali
 - Per ossido e nitruro si utilizza come gas attivo una miscela di ossigeno e tetrafluorometano



Etching: Attacchi dry

Attacchi in plasma

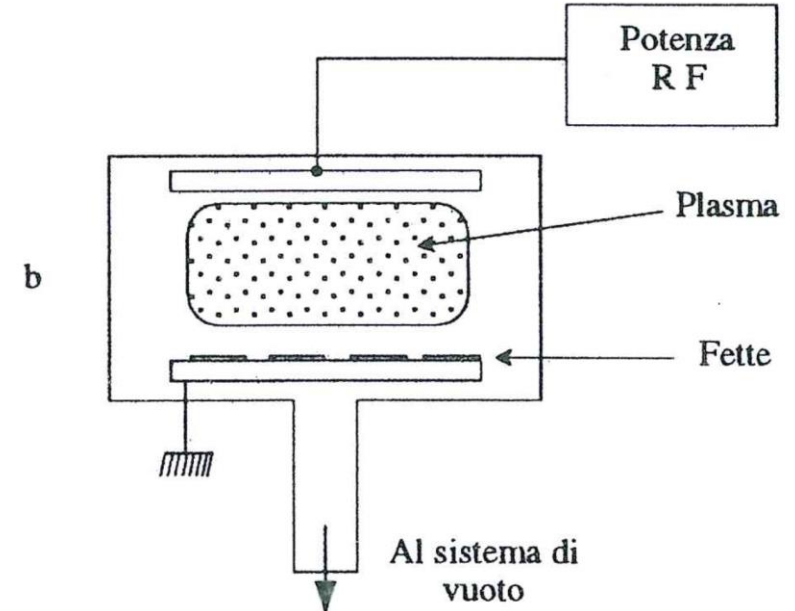
- Reattore planare
 - Fette caricate direttamente a contatto con il plasma
 - Non si escludono contributi di attacco dovuto ad urti (tipo sputtering)



Etching: Attacchi dry

Attacchi in plasma

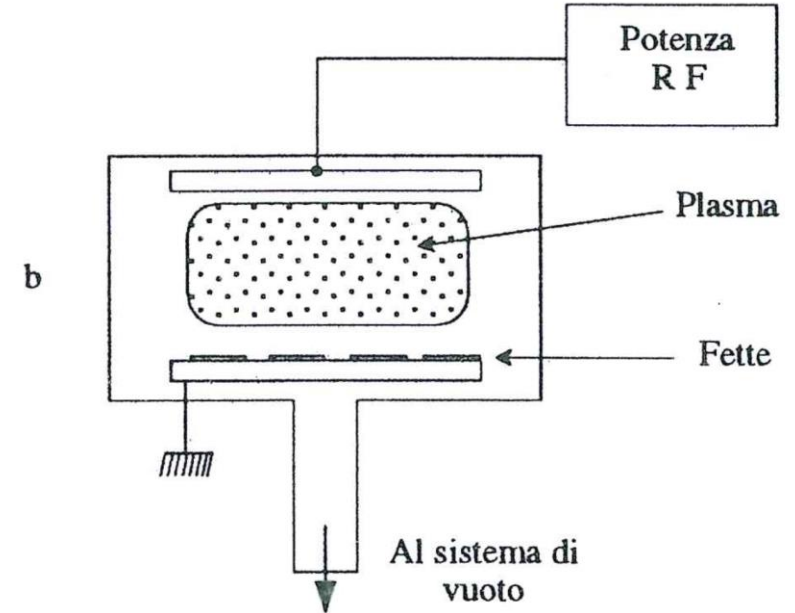
- Attacco anistropo
 - La velocità dei reagenti viene fatta su direzioni preferenziali e il bombardamento ionico è diretto sulle fette di silicio
 - Contributo di tipo sputtering al desorbimento dei prodotti di reazione
 - Il bombardamento degli ioni crea delle zone danneggiate che favoriscono l'adsorbimento di specie chimiche



Etching: Attacchi dry

Attacchi in plasma

- Problemi dovuti alla possibile contaminazione da residui polimerici
 - A seconda della frazione molare di freon nella miscela di gas si può avere attacco delle superfici o deposizione su di esse di composti polimerici fluorurati (tipo teflon) che sono isolanti ed estremamente resistenti



Etching: Attacchi dry

Ion beam etching

- Applicazione del sistema di sputtering a cannone elettronico
- Fetta da attaccare esposta al raggio ionico (prende il posto del bersaglio)
- No attacco chimico (si usano gas nobili)
- L'angolo di incidenza del fascio e l'energia degli ioni sono parametri di controllo del processo

Etching: Attacchi dry

Reactive ion etching

- Processo di plasma etching + processo di ablazione da parte del plasma stesso
- Reattore planare con fette appoggiate sull'elettrodo collegato all'alimentazione di potenza a radio frequenza
- Pressioni molto basse
- Attacco fortemente anistropo

