

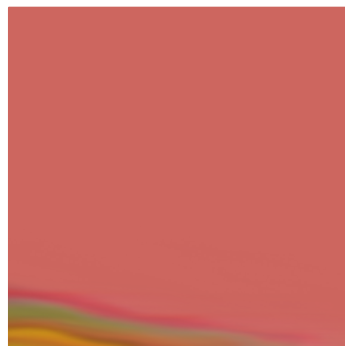
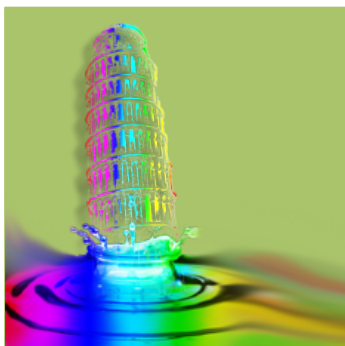


CENTRO E. PIAGGIO

Bioengineering and Robotics Research Center

Attacchi in fase liquida e dry

G. Vozzi



Attacchi

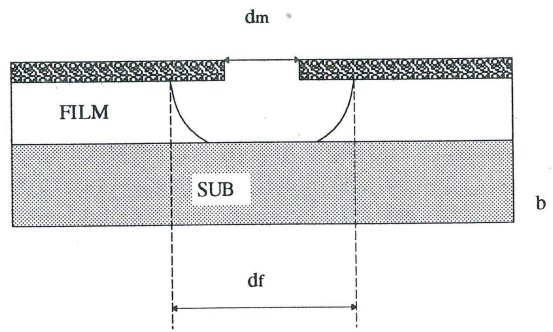
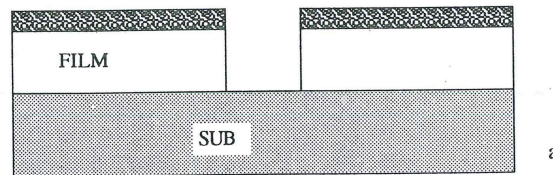
Una volta fatta una mascheratura, a volte si intende rimuovere lo strato di materiale attraverso le finestre aperte nel resist.

Questi attacchi possono essere attacchi chimici in fase liquida o dry e sono processi selettivi.

Prima cosa a cui si punta è conservare il più possibile la geometria della maschera nello strato che si va a rimuovere.

Per tale motivo l'attacco dovrebbe essere verticale, ma in genere si ha anche un attacco orizzontale che altera la geometria del processo fotolitografico. La fedeltà di riproduzione della maschera è definita da due parametri:

1) **Bias** $B = d_f - d_m$



Attacchi

2) Anisotropia

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

Il parametro varia tra 0 e 1 il valore ideale sarebbe 1.

Attacchi in fase liquida

I parametri che controllano la velocità di reazione sono:

- La concentrazione della specie attiva in soluzione
- La temperatura della soluzione
- L'agitazione della soluzione che permette un rinnovo dei reagenti a contatto col substrato da rimuovere
- Il tempo di attacco

Attacchi per silicio ed ossido di silicio

Silicio e polisilicio sono attaccati da una miscela di acido nitrico ed acido fluoridrico (HNO_3/HF) Diluiti in acqua o acido acetico (CH_3COOOH).

L'acido acetico trasforma la superficie del silicio in SiO_2 e l'acido fluoridrico trasforma la silice in acido idrofluorsilico H_2SiF_6 che è solubile nel diluente e quindi viene rimosso.

Per rimuovere l'ossido di silicio basta una soluzione di acido fluoridrico che attacca l'ossido ma si blocca sul silicio sottostante.

L'attacco dei tre solventi è isotropo e la velocità di attacco è influenzata oltre che dalla percentuali tra i tre solventi anche dal drogaggio e dall'orientazione cristallina.

Tale tipologia di attacco non va bene se si usano resist positivi in tal caso si usa la buffered HF che è composta da fluoruro d'azoto NH_4F (34,6%) e HF (6,8%) ed il restante acqua deionizzata.

Attacchi per nitruro di silicio

Attacchi per nitruro di silicio

Per rimuovere il nitruro di silicio si usa acido fosforico a 170-190 °C, a volte l'acido viene miscelato con il BHF per diminuirne la temperatura di utilizzo.

A tali temperature le soluzioni usate sono pericolose e corrosive, la velocità di attacco è piuttosto bassa, per tale motivo il nitruro di silicio si rimuove in plasma con attacco dry.

Attacchi dry

Gli attacchi umidi hanno il problema dell'isotropia che non è desiderata nei processi di nostro interesse e inoltre le reazioni ed i solventi coinvolti sono molto pericolosi.

Per tale motivo si usano gli attacchi in fase secca che sono:

- 1) Attacchi in plasma (plasma etching)
- 2) Ion beam etching
- 3) Attacchi in plasma reattivo (RIE: reactive ion etching)

Attacchi in plasma

Per attaccare una superficie il gas o miscela di gas che deve essere attivo viene reso un plasma in grado di reagire con le superfici da rimuovere. In genere le specie più attive sono i radicali liberi presenti nel plasma.

Il gas quindi viene scelto in modo da avere un adeguato numero di radicali liberi nel plasma, che i prodotti di reazione che si formano sono volatili e quindi facilmente rimovibili dalle superfici di interesse.

In genere si scelgono composti del carbonio con alogeni, cioè elementi del settimo gruppo (fluoro (F); cloro (Cl); bromo (Br); iodio (I); astato (At)), che danno radicali alogenati molto reattivi.

A volta si usano anche plasmi contenenti ossigeno o plasmi con radicali fluorurati, che sono i più reattivi di tutti.

Attacchi in plasma

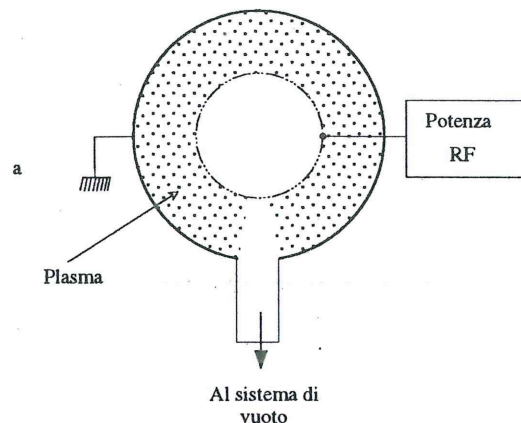
Per eseguire gli attacchi in plasma si usano due tipologie di reattore:

1) Reattore tunnel o volumetrico

In questo tipo di reattore il plasma è separato dai wafer da una griglia cilindrica che rappresenta il tunnel. Il plasma è eccitato nel condensatore cilindrico costituito dalla parte esterna del reattore e dalla griglia.

Solo le specie reattive con tempo di vita lungo tale da raggiungere per diffusione la superficie della fetta possono essere usate. L'attacco ha direzioni di velocità casuali quindi l'effetto di attacco è isotropico.

Per ossido e nitruro si utilizza come gas attivo una miscela di ossigeno e tetrafluorometano (freon) CF_4 .



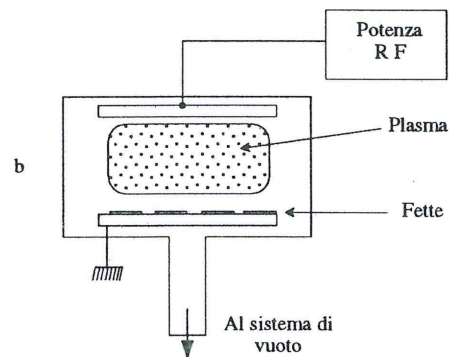
Attacchi in plasma

2) Reattore planare

In questo tipo di reattore i wafer sono caricati in modo planare e sono a diretto contatto col plasma.

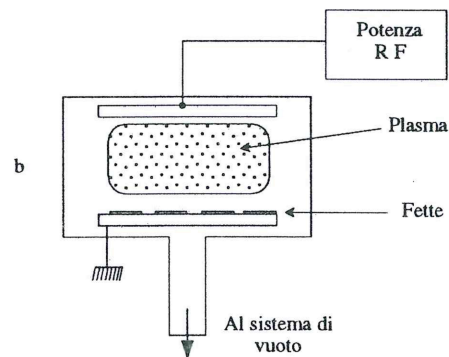
Oltre l'attacco chimico c'è anche un attacco meccanico dovuto agli urti che permette di avere un profilo anisotropico. L'anisotropia è dovuta a :

- 1) Velocità dei reagenti con direzione preferenziale e bombardamento ionico direttivo dei wafer
- 2) Contributo di tipo sputtering al desorbimento dei prodotti
- 3) Bombardamento ionico che favorisce la reazione



Attacchi in plasma

Restano problemi legati alla contaminazione da residui polimerici, dovuti al freon. La resa del sistema planare pur producendo attacco anisotropo non è del tutto soddisfacente a differenza di quello volumetrico che ha rese maggiori anche se attacco isotropo. Il reattore tunnel permette l'efficiente rimozione del nitruro di silicio.



Ion Beam Etching

È l'applicazione del sistema di sputtering a cannone ionico alla rimozione.

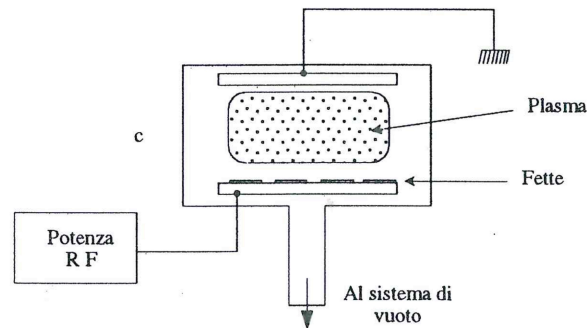
Il wafer è esposto al fascio ionico, cioè prende il posto del bersaglio del sistema di sputtering. Il fascio ionico determina l'ablazione del materiale da attaccare tramite un meccanismo essenzialmente fisico. Non c'è contributo chimico in quale processo e come gas si usano gas nobili come argon, kripton, xenon.

I parametri che si controllano sono l'angolo di incidenza del fascio e l'energia degli ioni.

Reactive ion etching

È un processo di plasma etching in cui oltre l'azione chimica vi è anche un'ablazione fisica.

Il reattore può essere di tipo planare con i wafer poggiati sull'elettrodo collegato all'alimentazione di potenza a RF.



Si ottiene un attacco fortemente anisotropo