

Chemical Vapour Deposition



Francesco Biagini

Ph.D student

francesco.biagini@phd.unipi.it

Dipartimento di ingegneria
dell'informazione – Università di Pisa

Centro di ricerca Enrico Piaggio

Deposizione di film sottili

Fisica
PVD

- No reazione chimica sulla superficie
- Basse impurità presenti nei film depositi
- Alta conducibilità
- Facile deporre leghe

Chimica
CVD

- Reazione chimica sulla superficie
- Impurità presenti nei film depositi
- Bassa conducibilità
- Difficile deporre leghe

Chemical vapour deposition

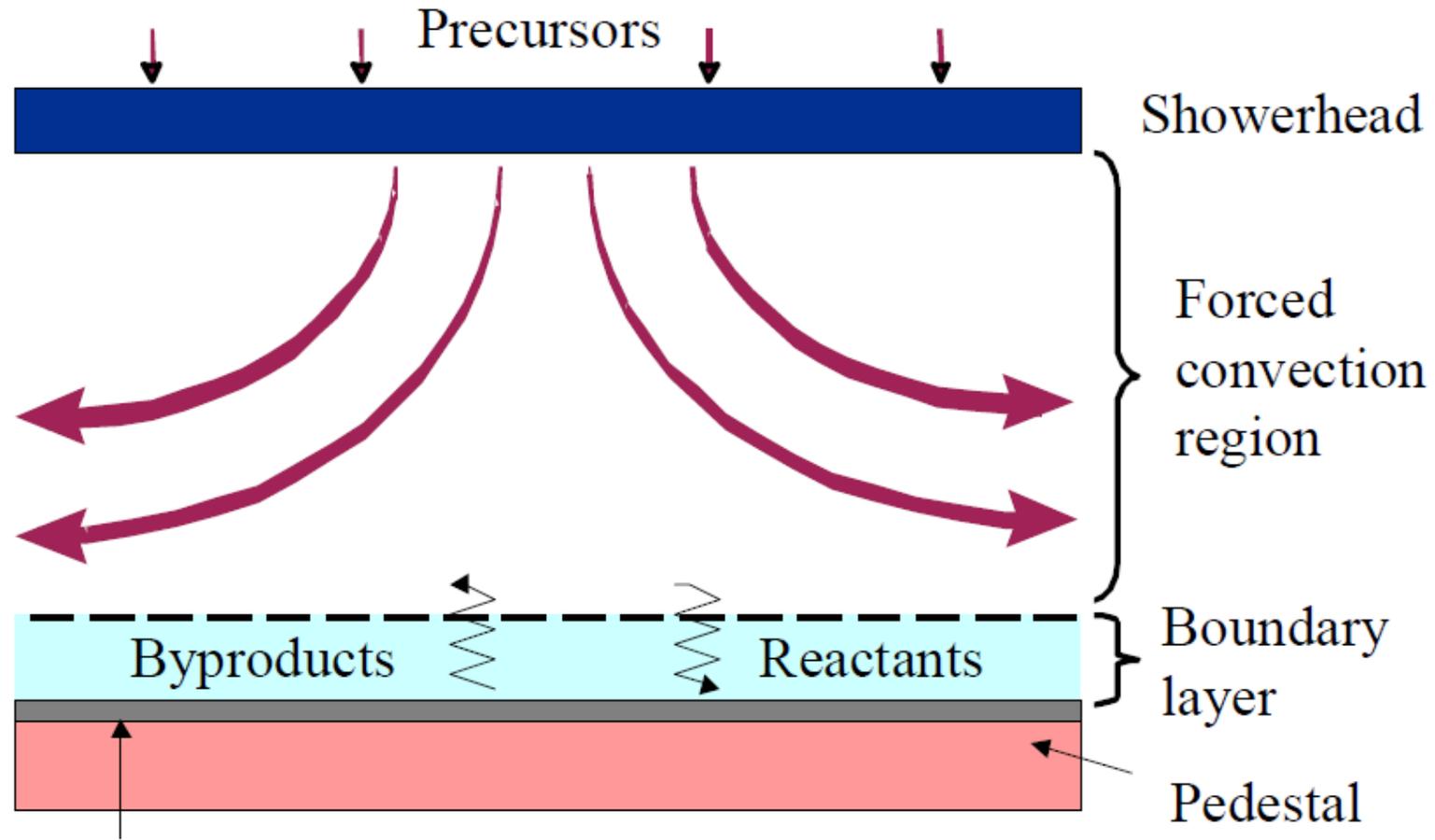
Tecnica adatta per **deporre isolanti semiconduttori e più raramente metalli**

Le pressioni a cui si opera sono comprese tra **pochi millibar la pressione atmosferica**

Il processo di deposizione chimica da fase vapore può essere suddiviso nei seguenti passi

- i gas reagenti e/o diluenti sono immessi nella camera di reazione
- i gas interagiscono col substrato e sono adsorbiti su di esso
- avvengono le reazioni chimiche alla base della formazione del film; talvolta le reazioni possono avvenire nella fase gassosa e non in fase adsorbita
- i prodotti residui sono desorbiti e rimossi dalla camera di reazione

Chemical vapour deposition



Chemical vapour deposition

Deposizione a pressione atmosferica (APCVD)

Utilizzata per lo strato passivante

Deposizione a bassa pressione (LPCVD)

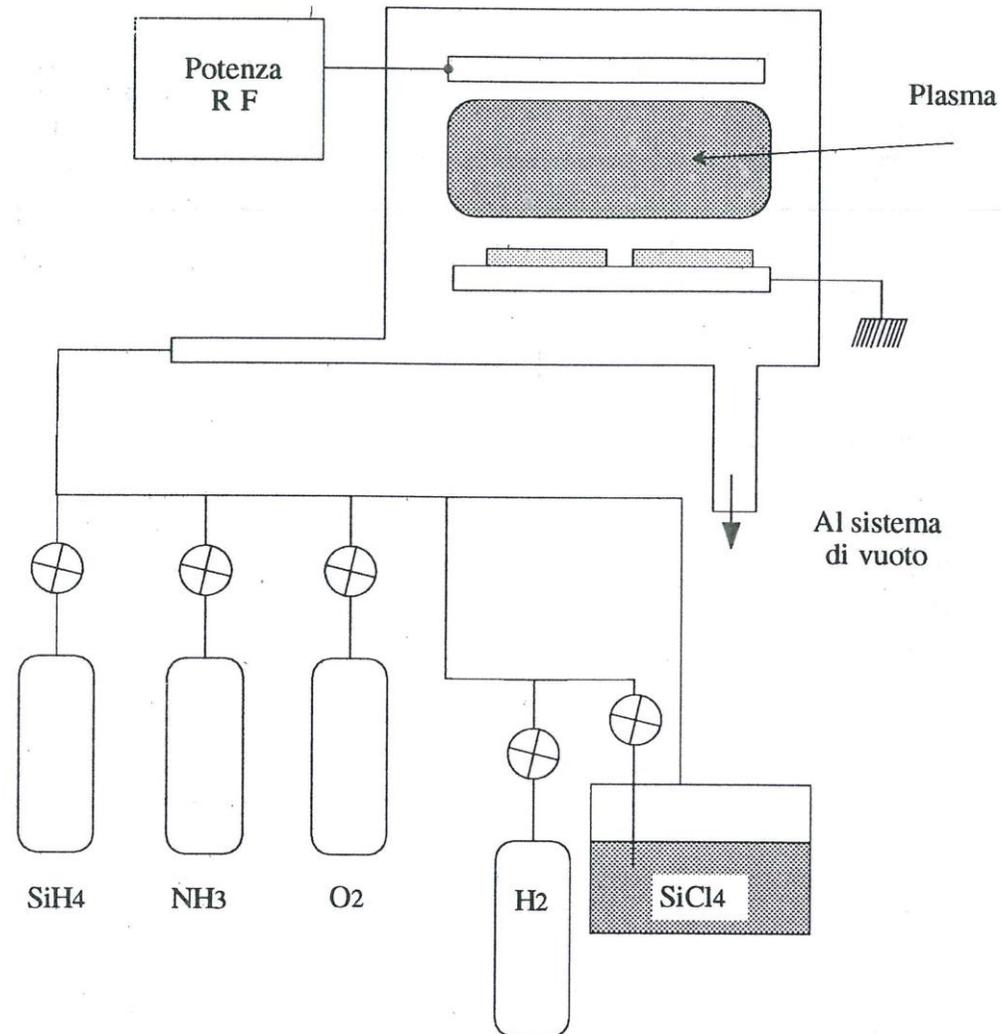
Utilizzata per l'ossido di silicio

Plasma Enhanced CVD

Utilizza plasmi e quindi basse pressioni

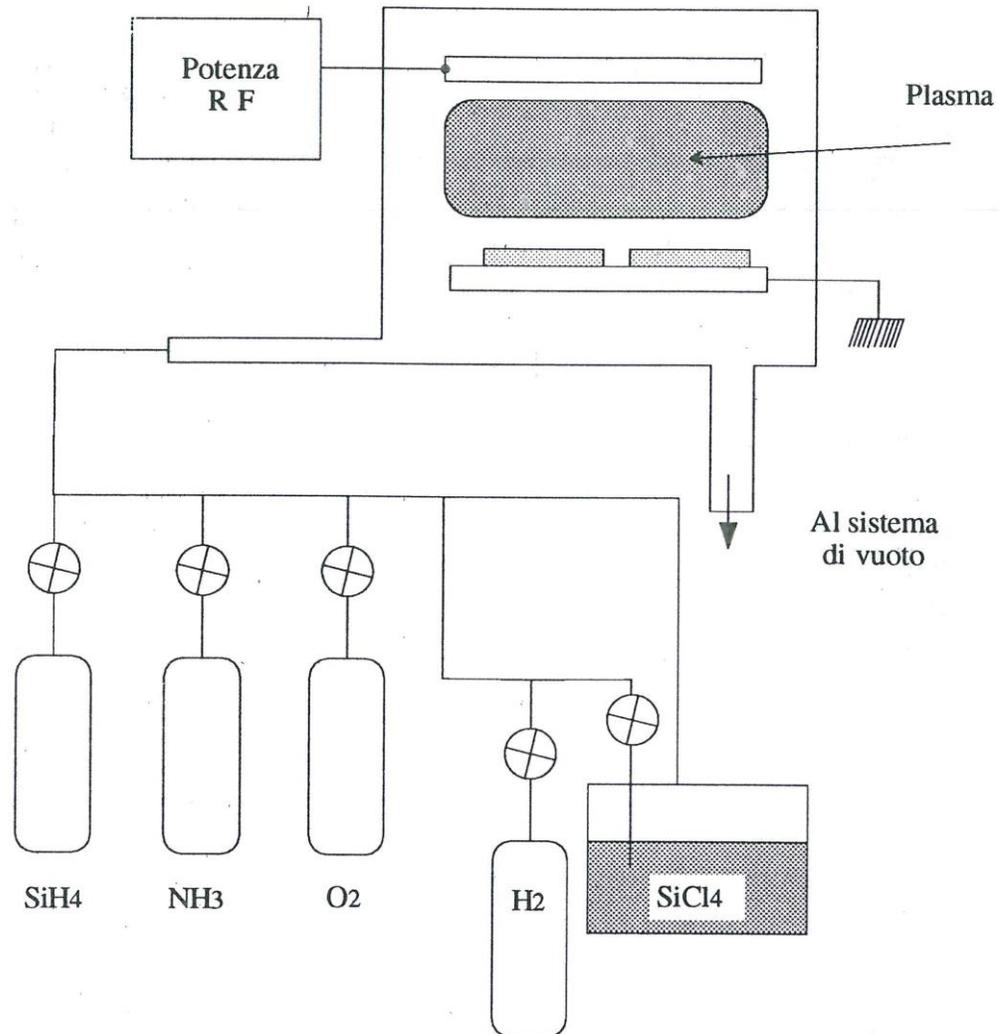
Utilizzata per creare strati di silicio puro (correttivo)

Chemical vapour deposition



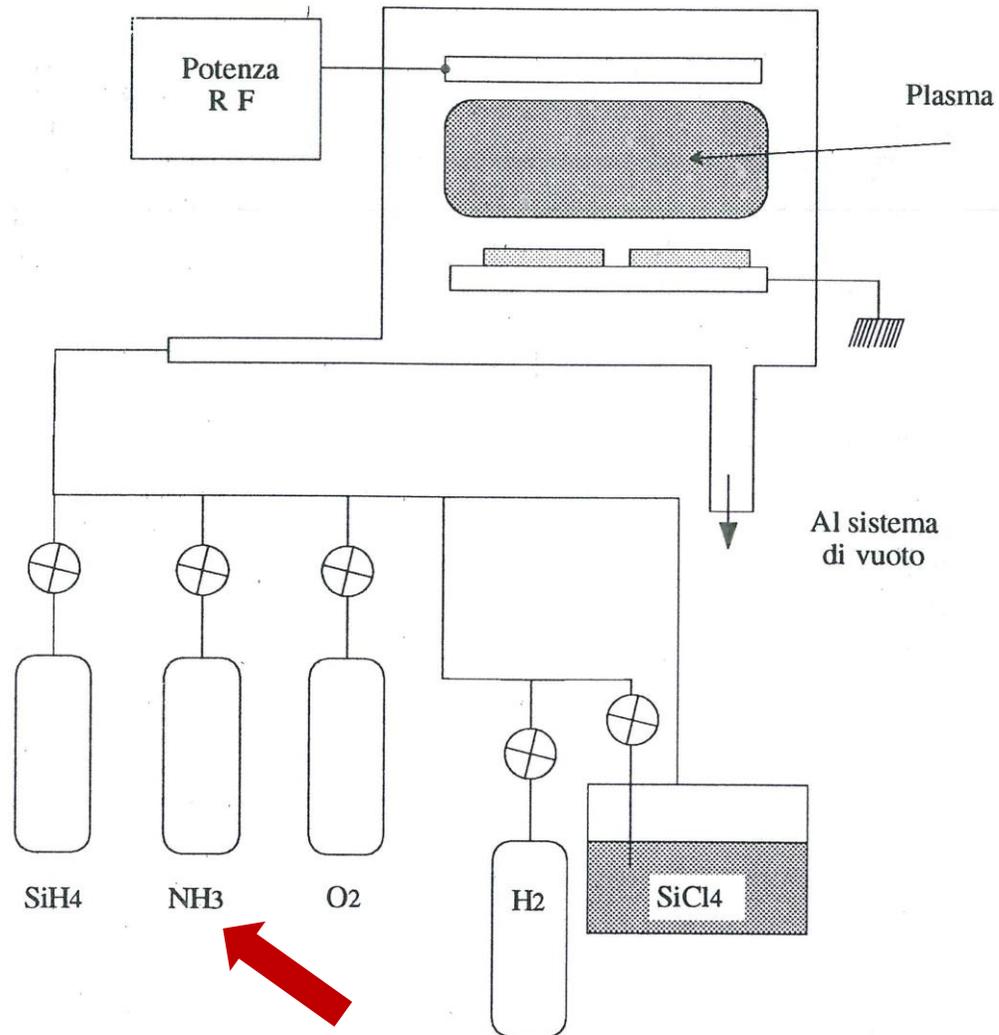
Sistema utilizzato per tutte e tre le CVD viste

Chemical vapour deposition



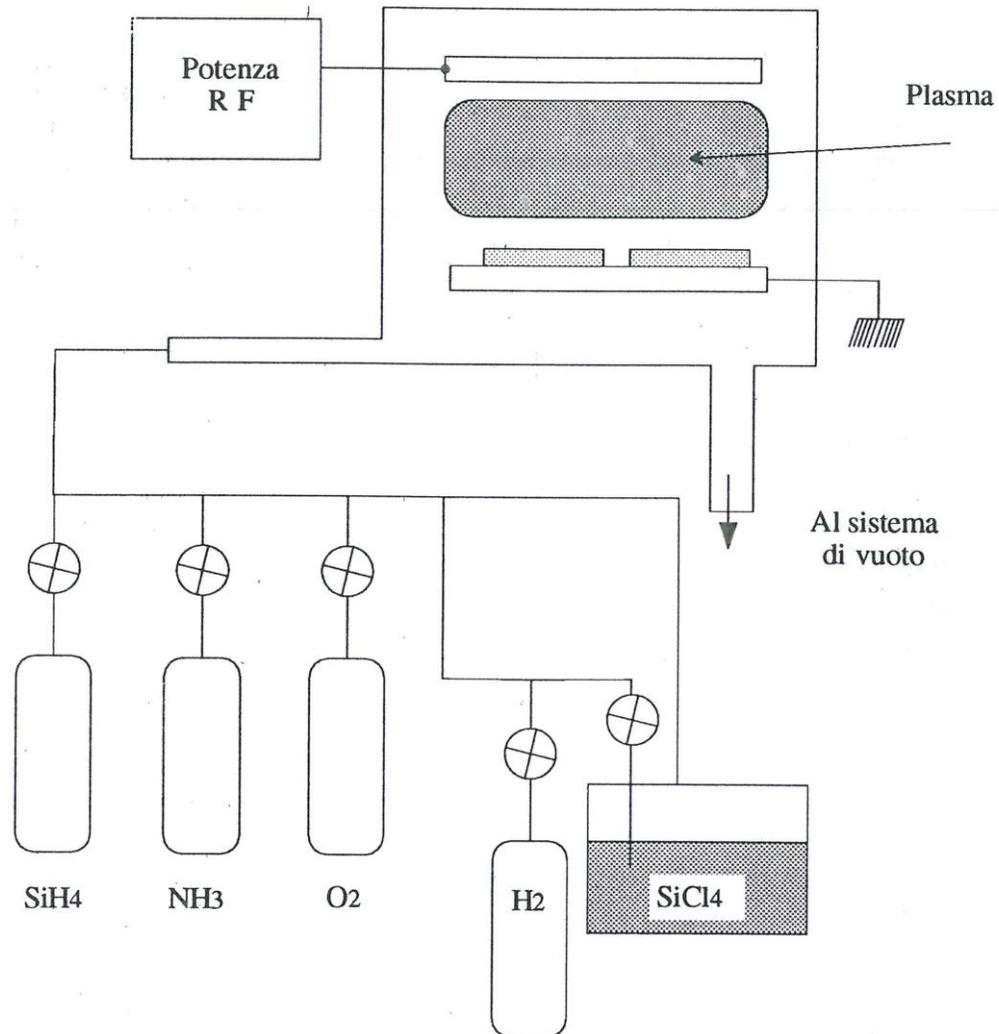
Nella macchina abbiamo un contenitore di **clorosilano** (SiCl_4) che viene portato alla temperatura di evaporazione e viene sospinto all'interno della camera attraverso un sistema di valvole

Chemical vapour deposition



Se voglio depositare nitruro di silicio faccio reagire il clorosilano con ammoniaca

Chemical vapour deposition



N.B. Oltre che alla velocità di reazione, abbiamo anche una diffusione attraverso uno strato stagnante



MODELLO DI DEAL AND GROOVE

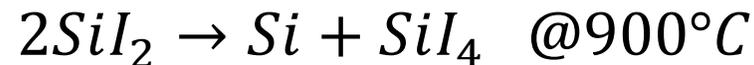
Chemical vapour deposition

Classificazione delle reazioni alla base dei processi CVD

Pirolisi (decomposizione termica): si possono depositare ad esempio silicio (partendo da SiH₄) o Germanio (da GeH₄), silice, allumina, nitruro di silicio. Le reazioni avvengono a temperature dell'ordine dei 600°C

Riduzione in idrogeno: processo classico alla base della crescita epitassiale

Disproporzione di alogenuri: si utilizza lo Iodio (I)



Chemical vapour deposition

Esempi: Polisilicio

Il polisilicio viene ottenuto per pirolisi del silano a temperature tra 575 e 650°C in processi LPCVD



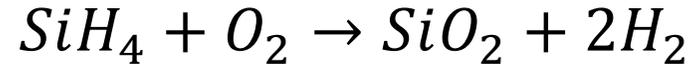
- Si possono seguire due procedure:
 - La prima impiega il 100% di silano a pressioni di 25-130 Pa
 - La seconda prevedere l'uso di 20-30 % di silano diluito in azoto
- Il grado di cristallinità dipende fortemente dalla temperatura: sotto i 580°C il film è amorfo mentre sopra questa si hanno film policristallini con orientazioni preferenziali. È richiesta una ricottura a 650-700°C

Chemical vapour deposition

Esempi: Ossido di silicio

Varie reazioni dipendenti dalla temperatura

- **Tra 300-450 °C**



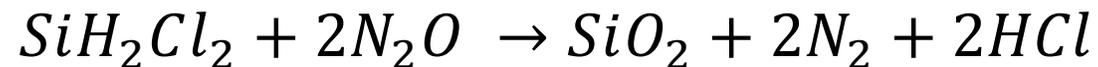
L'aggiunta di PH_3 (che forma P_2O_5 con l'ossigeno) consente di produrre un vetro fosfosilicato utile per la passivazione

- **Tra 650-750 °C**

Decomposizione a bassa pressione del tetraetil ortosilicato (TEOS) $Si(OC_2H_5)_4$

- **Sopra i 900°C**

Si cresce ossido di silicio per LPCVD con diclorosilano ed ossido nitroso

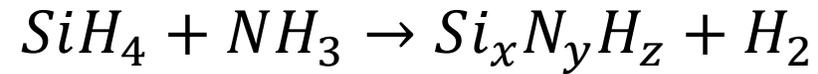


Chemical vapour deposition

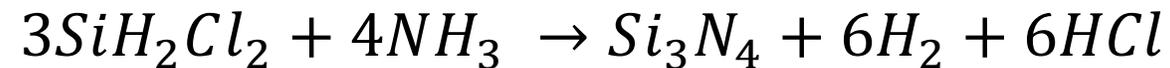
Esempi: Nitruro di silicio

Varie reazioni dipendenti dalla temperatura

- Tra 200-400 °C



- Tra 750 °C

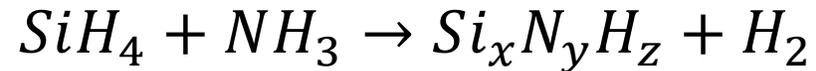


Chemical vapour deposition

Esempi: Nitruro di silicio

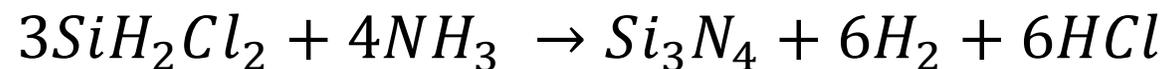
Varie reazioni dipendenti dalla temperatura

- Tra 200-400 °C



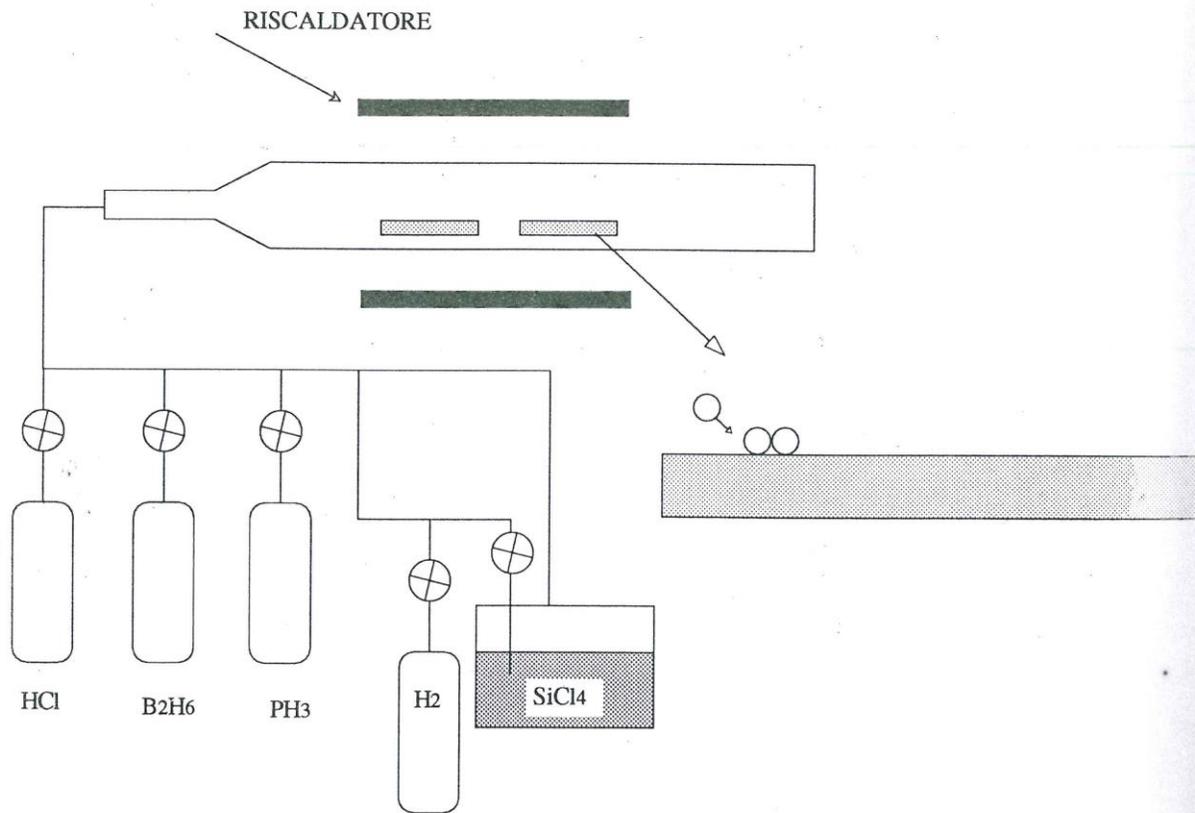
N.B. Reazione che avviene in plasma. Favorisce una reazione a una temperatura minore ma non assicura la completa stechiometria del prodotto

- Tra 750 °C



Chemical vapour deposition

Esempi: Crescita epitassiale



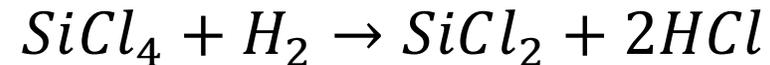
Crescita di uno strato di silicio di alta qualità privo di difetti con drogaggio ben definito

- Gli spessori degli strati variano da 0,5 a 15 micron
- La temperatura del substrato dell'ordine di 1250 1275 °C
- Il drogaggio dello strato epitassiale è ottenuto contaminando il clorosilano con opportune quantità di composti gassosi dei principali droganti del silicio

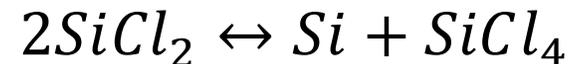
Chemical vapour deposition

Esempi: Crescita epitassiale

La prima reazione avviene in fase gassosa

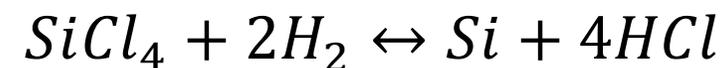
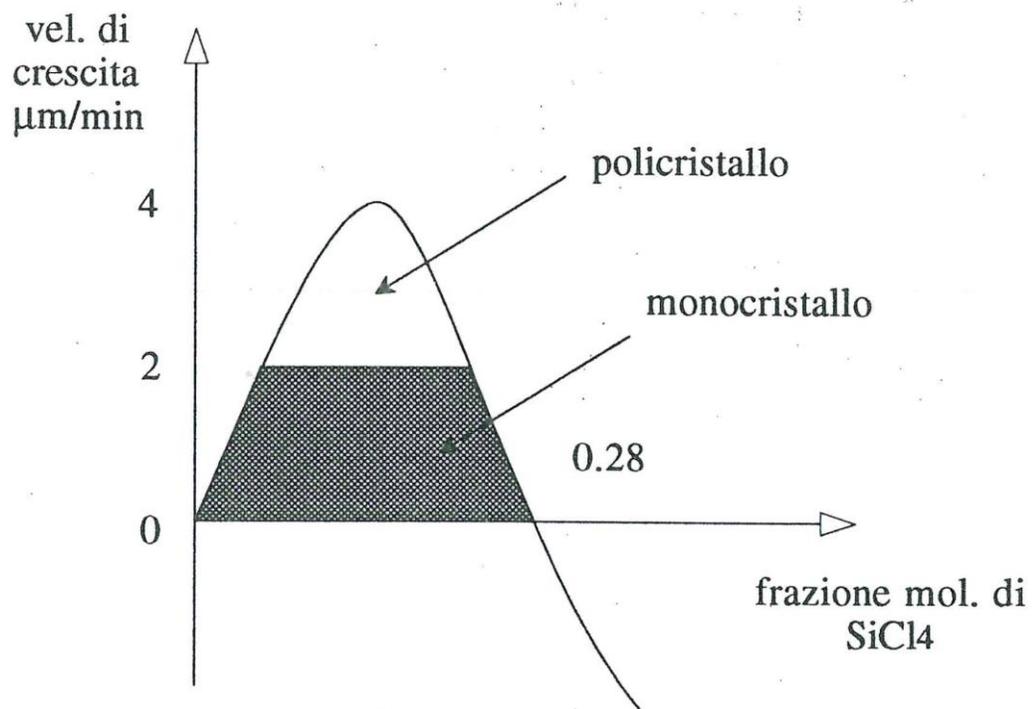


La seconda reazione avviene in fase adsorbita



Chemical vapour deposition

Esempi: Crescita epitassiale



A seconda della frazione molare di SiCl_4 nella miscela con H_2 , la reazione procede da sinistra verso destra o viceversa. Si ha cioè crescita dello strato di silicio epitassiale o attacco dello strato precedentemente cresciuto