

Rivelatori e Apparati

Slides_6 – Fabbricazione sensori

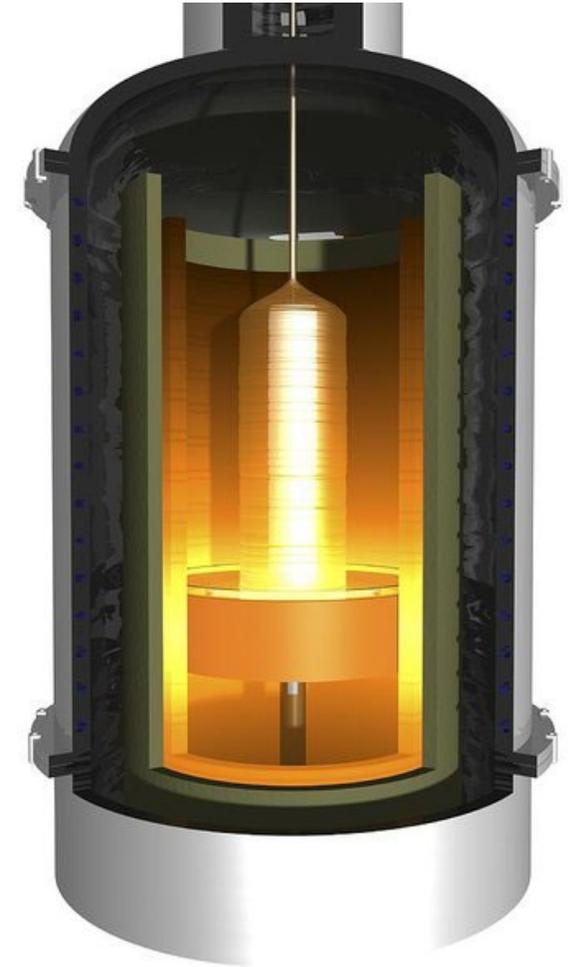
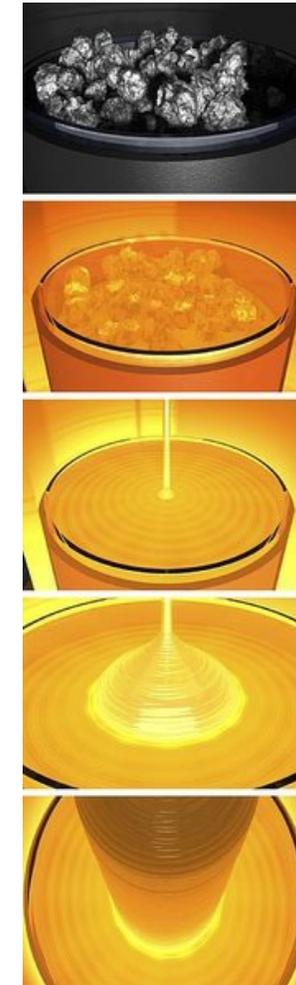
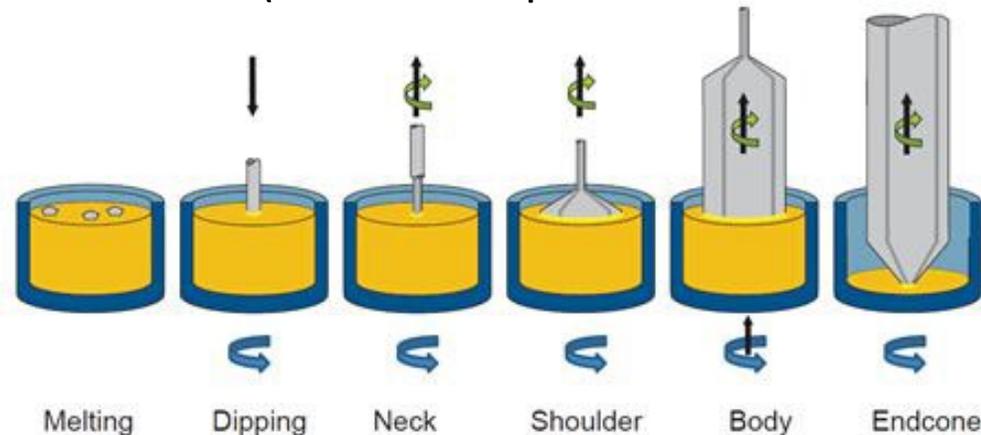
Materiale di partenza

- Il silicio viene isolato dalla quarzite, una forma abbastanza pura di sabbia, attraverso una riduzione col carbonio a $T > 1400$ C.
- Il silicio solido così ottenuto (98% puro) è trattato per formare un composto del Cloro (SiHCl_3) che può essere distillato per rimuovere le impurità
- Il triclorosilano è poi trasformato in silicio solido con una concentrazione di impurità $< 10^{-9}$
- Tale materiale serve poi da materiale di partenza per la crescita del cristallo di silicio per i sensori

Fabbricazione dei monocristalli di silicio

Metodo Czochralski

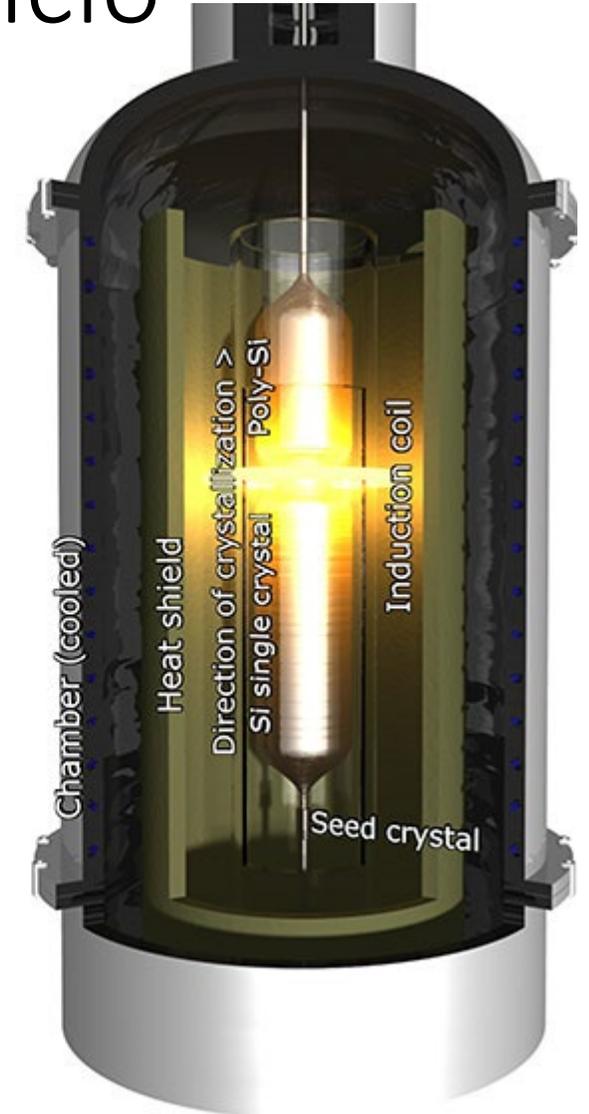
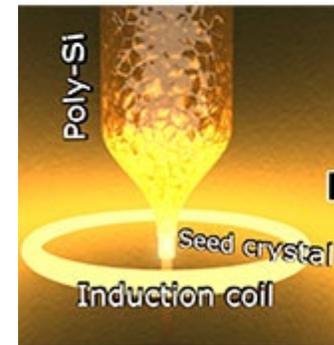
- Polisilicio fuso a 1420 C in crogiolo
- Seme <111> purissimo immerso
- Rotazione e estrazione ($\sim 10\mu\text{m}/\text{sec}$)
- Interfaccia solido-liquido forma cristallo
- Purezza ok per CMOS, non per sensori (max $\rho = 10 \text{ Ohm cm}$)
- Ossigeno 10^{18} cm^{-3} presente in atmosfera irrobustisce il cristallo
- Aggiunta Boro/Fosforo nel crogiolo per creare drogaggio p,n
- 30-45 cm wafer (diametro dipende da velocita' di estrazione)



Fabbricazione dei monocristalli di silicio

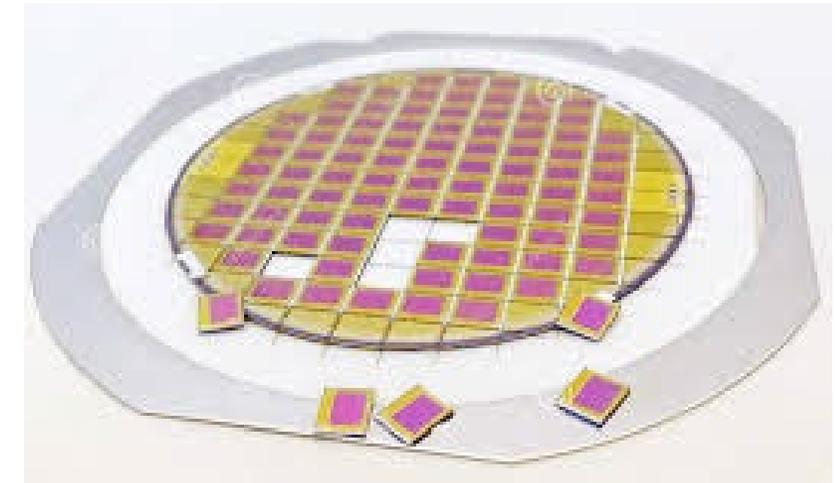
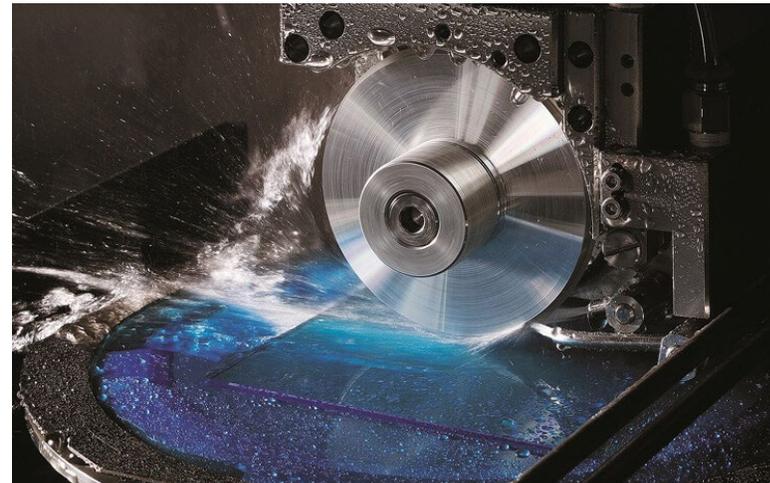
Metodo **Float-zone**

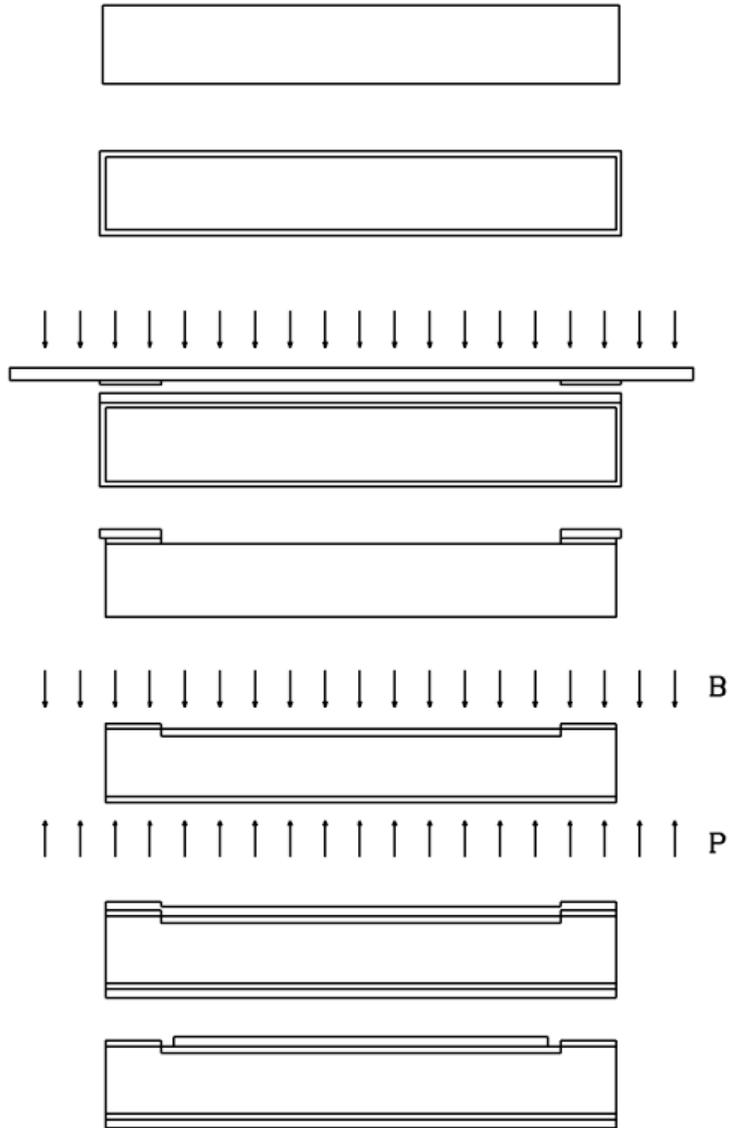
- Cilindro di Polisilicio attraverso bobina
- Strato sottile fuso per induzione RF
- La sezione fusa viene spostata verticalmente e si porta via le impurita (poco solubili nel silicio)
- Purezza molto alta, aggiunta di azoto per irrobustire meccanicamente, adatta a giunzioni pn classiche (non a SDD)
- Dimensioni tipiche: 15cm
- Aggiunta Boro/Fosforo per creare p,n in atmosfera
- Resistivita' $5\text{k}\Omega\text{cm}$ (fino a $10\text{-}50\text{ k}\Omega\text{cm}$)



Taglio del wafer

- Cilindro lavorato al tornio per ottenere diametro voluto, e rettificato
- Segato in fette con utensili diamantati
- Rugosita' ridotta (lapping) con paste abrasive
- Si raggiunge uniformita 2um
- Rimozione chimica danni e lucidatura (rugosita' di pochi passi atomici su piccola scala)
- Spessori 200-750um
- Diametro fino a 45 cm
- Assottigliamento e taglio





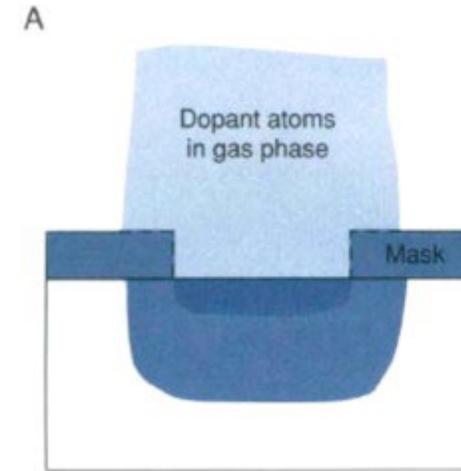
- Wafer lucidato (Si, Ge, GaAs)
- Ossidazione: deposito di vapore o crescita termica di SiO_2
- Fotolitografia:
 - Illuminazione attraverso maschera (positiva o negativa)
 - Su wafer rivestito con Fotoresist (centrifuga per controllo spessore)
- Sviluppo e rimozione chimica della parte (non) illuminata
 - Plasma etching (reagenti gassosi rimossi con frequenze) o wet etching
 - La parte non polimerizzata si dissolve
- Impianto di Boro/Fosforo per drogare p/n
- Deposito di alluminio
 - Per evaporazione o “spruzzamento” (sputtering)
- Rimozione alluminio dove non serve

Metodi di drogaggio: diffusione

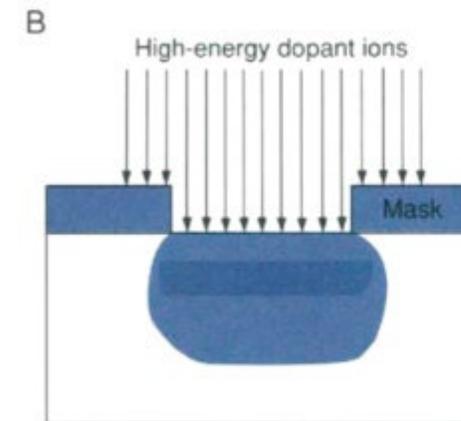
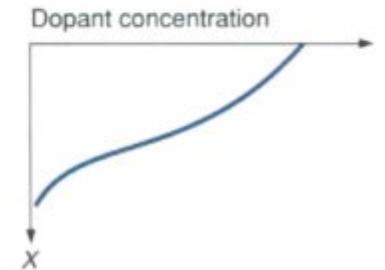
- Impianto di Boro/Fosforo or Arsenio per drogare p/n
- wafer esposto ad atmosfera di gas inerte con il drogante a temperature ~ 1000 C per un certo tempo; tali gas sono infiammabili e tossici
- Uno strato di ossido copre le zone da non drogare (il fotoresist non puo' essere riscaldato cosi' tanto)
- Il gradiente di concentrazione porta il drogante a diffondere nel silicio, con una concentrazione massima in superficie e una profondita che dipende dal tempo di esposizione, dalla temperatura e la concentrazione in superficie (massimo alcuni μm)
- Gradiente risultate e' molto dolce
- Diffusione laterale ~ 0.8 x profondita'

Metodi di drogaggio: impianto ionico

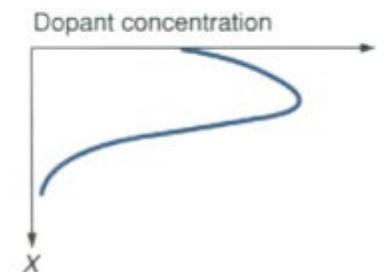
- bombardamento dei wafer con ioni droganti agli acceleratori (keV-MeV) a temperature ambiente, con fasci piccoli per scan di precisione molto uniformi.
- L'uso di fotoresist e' premesso, e il suo spessore determina la profondita' di penetrazione degli ioni
- Anche strati di ossido o di poliresistori si puo' usare per auto-allineare strutture sottostanti
- Ioni inizialmente inattivi in posizione interstiziale (casuale) e cristallo danneggiato dall'impianto
- Annealing termico successive per muovere gli atomi in posizione legata nel cristallo.
- La profondita' dipende dal potere penetrante degli ioni all'energia di impatto.



diffusione

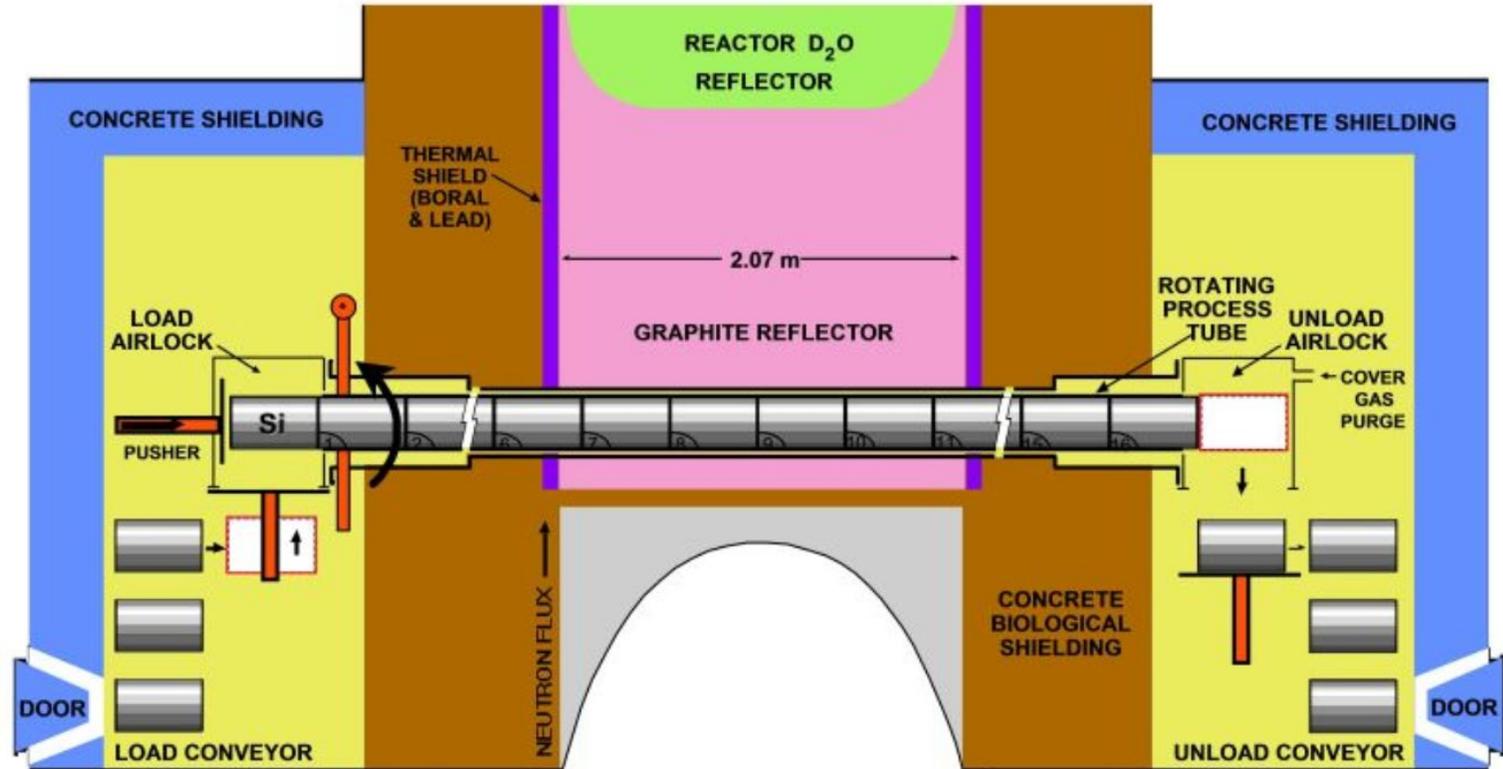


impianto ionico



Drogaggio a Trasmutazione Neutronica (NTD)

- Irraggiamento di silicio purissimo con flusso di neutroni termici.
- Il neutron termico viene catturato dal ^{30}Si , che ha abbondanza 3% nel Silicio puro
- Grazie all'alto rapporto neutroni/protoni nel ^{31}Si , rilascia un beta convertendo un neutrone in protone
- Il ^{31}Si si converte il ^{31}P , fosforo, drogando il Silicio.



- Risultato: bassa resistività con grande omogeneità

Processo planare fabbricazione rivelatore

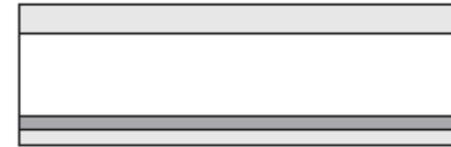
a) DEPOSIT P-DOPED POLY-Si
BACKSIDE CONTACT



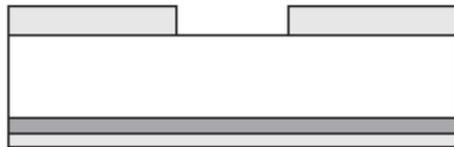
b) BACK CONTACT PROTECTED
BY Si-NITRIDE CAPPING LAYER



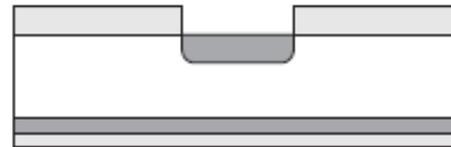
c) THERMAL OXIDATION OF
TOP SURFACE



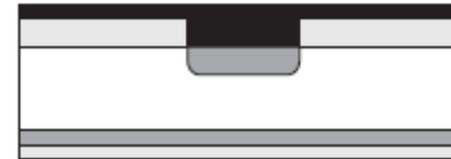
d) OPEN WINDOW FOR p+
ELECTRODE



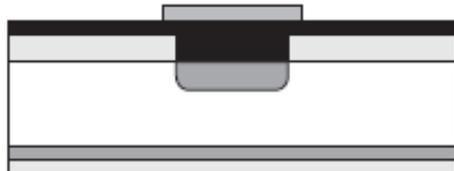
e) B-DOPING TO FORM p+
ELECTRODE



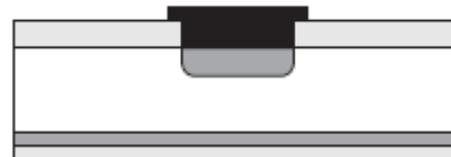
f) ALUMINUM METALLIZATION
FOR FRONT CONTACT



g) PHOTORESIST MASK
FOR FRONT CONTACT



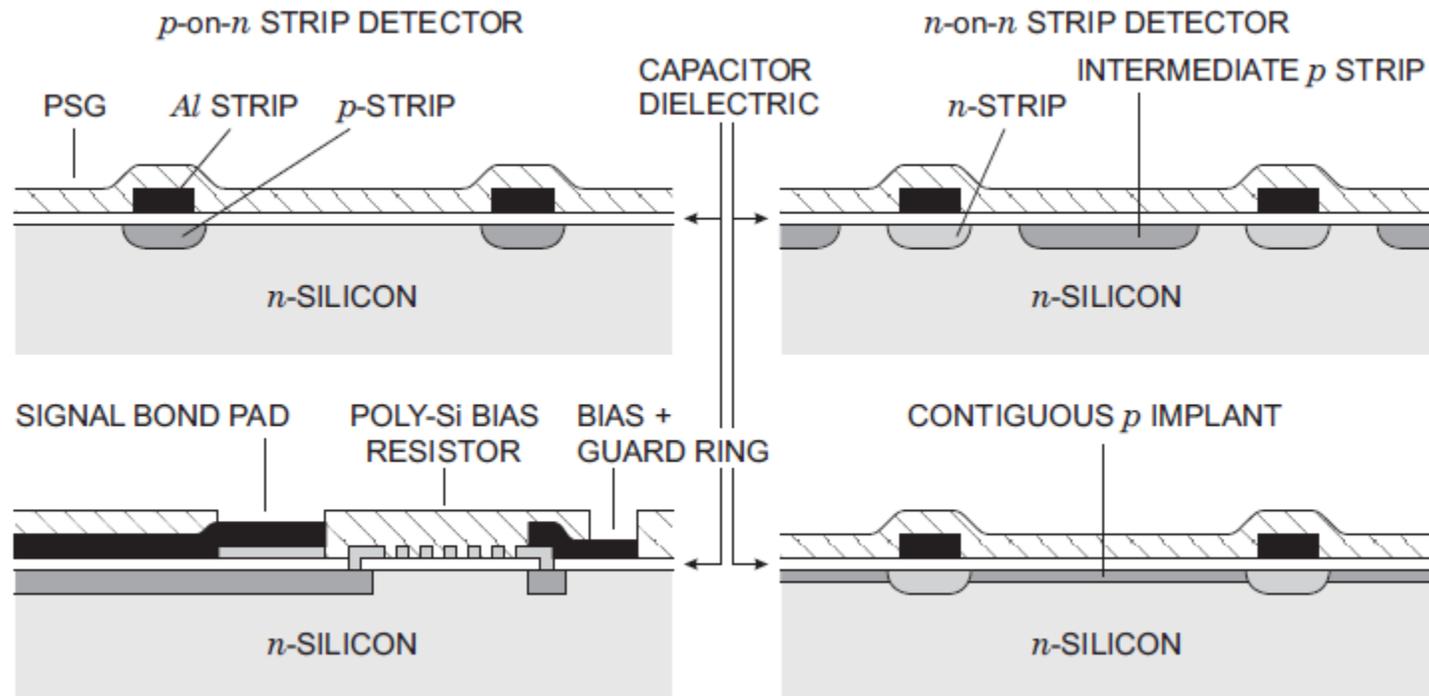
h) ETCH FRONT CONTACT



i) ALUMINUM METALLIZATION
FOR BACK CONTACT



Sezione trasversale Strip detector



Sezione trasversale struttura CMOS

