nMOS

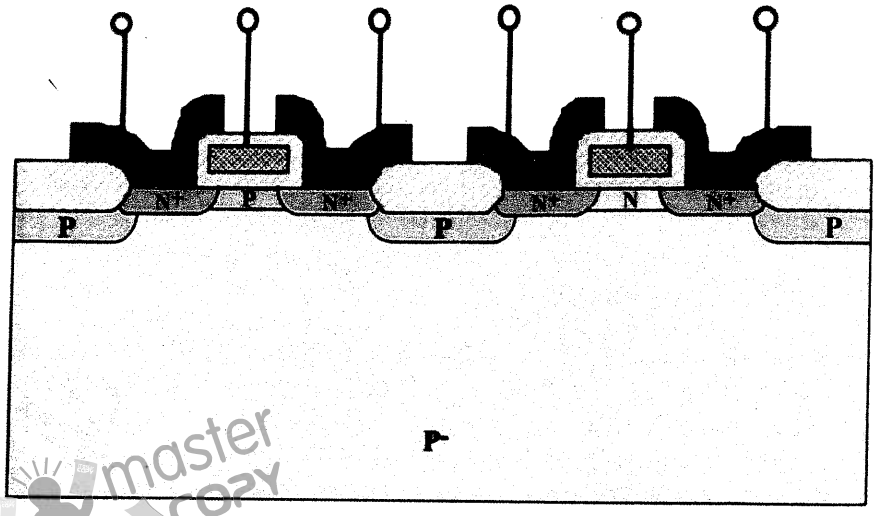
master COPY

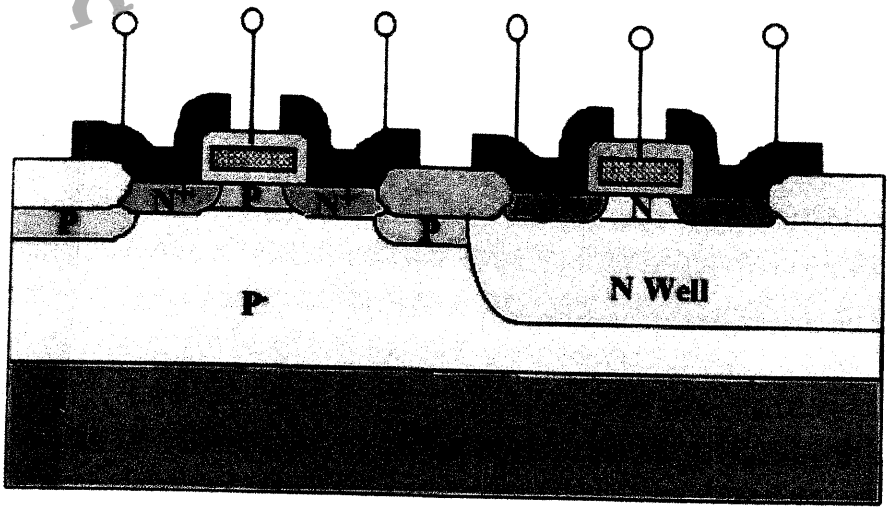
master COPY

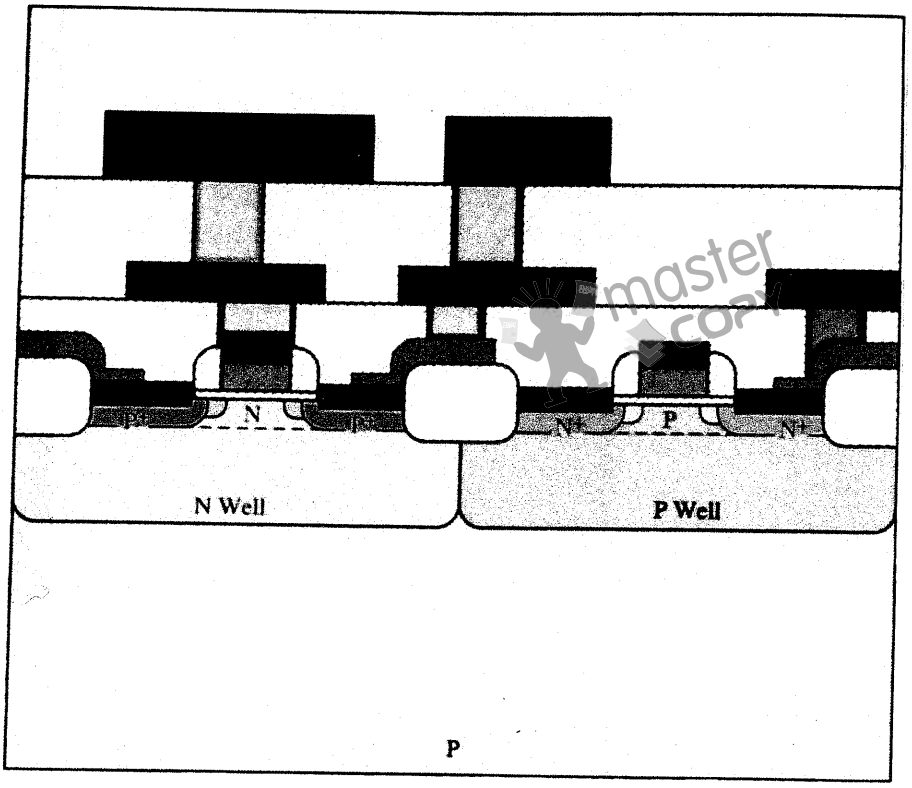
→ Singee wee CMOS

→ Tecnologia moderne CMOS
(Twin wee)

master COPY


N+
P
N+
P
N+
N
N+
P
P
P-


N+
P
N+
N+
P
P
P-
N Well


N+
N
N+
N+
P
N+
N Well
P Well
P

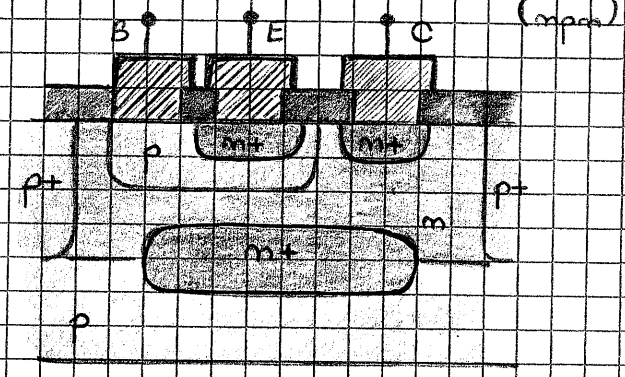
TECNOLOGIE MICROELETTRONICHE

Inizialmente, non avendo a disposizione le tecnologie per fabbricare i transistori MOS con tensioni di soglia stabili, si ricorreva a tecnologie bipolari (BJT, anni '60):

→ "bipolar junction transistor"
→ struttura planare (spessori << dimensioni laterali)
→ tecnologia basata su strati sepolti ed epitassie
→ l'isolamento tra componenti è realizzato tramite giunzioni (junction isolation)

→ mascherе: almeno 6 (una per ogni fotografia)
- buried layer
- isolante
- diffusione di base
- diffusione n+ (emettitore, contatto di collettore)
- contatti
- metal

→ materiali usati:
- Silicio (con vari drogaggi)
- SiO_2 (ossido)
- Al (per i contatti)



Negli anni '70, si passa alla tecnologia nMOS (ad arricchimento e a svuotamento)

→ canale n (maggior mobilità)

→ anche in questo caso occorrono almeno 6 mascherе
- area attiva
- drogaggio del canale
- poly (gate)
- contatti
- metal

Non occorre la mascherа per i pozzetti n+

Dagli anni '80 in poi si passa alla tecnologia CMOS (complementary)

→ nMOS e pMOS

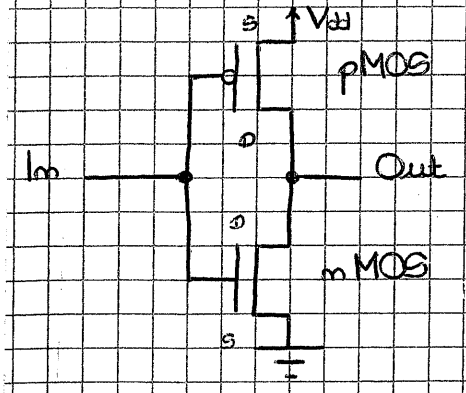
→ sono necessarie più di 12 mascherе (sono raddoppiati i passaggi)

Nei CMOS moderni, si fanno le twin wells (drogate con maschere distinte). Vengono inoltre usati più livelli di metal, caratterizzati dalla presenza di plug tra metal successivi → fino a 50 mascherе usate

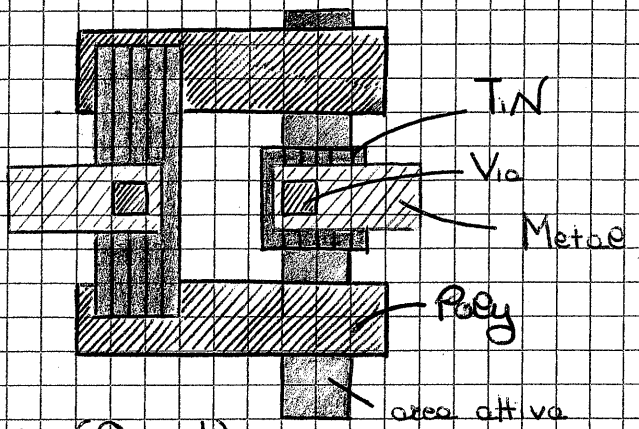
Per portare il segnale al gate usa la misura di tensione (TLV)

master COPY

→ Inverter CMOS



→ ogni via deve essere inclusa nei rettangoli di TiN e metal



→ Il processo CMOS nel dettaglio (Cap. 1)

- Fetta di Si monocristallino (500-700 μm), costituisce il substrato
  → drogata di tipo p (drogaggio basso), la fetta ha specificata anche resistività ρ (5÷50 Ω cm)

La fetta è inoltre caratterizzata dall'orientamento, ovvero la direzione dei piani del cristallo:

- 100 → una delle facce del cubo è parallela alla superficie della fetta
- 111 → le diagonali sono parallele alla superficie (maggiore mobilità dei portatori, indicata per i MOS)

Conoscere l'orientamento è fondamentale per definire la tensione di soglia V_{TH}.

1 → Isolamento (LOCOS, Local Oxidation of Silicon)

1_ Crescita di SiO_2 (pad oxide) per ossidazione termica

Si tratta di una tecnica additiva, che consiste nel tenere la fetta per 15 min a 900 °C in atmosfera ossidante

⇒ il Si si ossida → da 4-8 mm di Si ottengo 15 mm di SiO_2

Ottengo così ~20 mm di SiO_2

2_ Deposizione di Nitruro di Silicio (Si_3N_4)

È impermeabile a O_2, quindi è in grado di bloccare l'ossidazione del Si

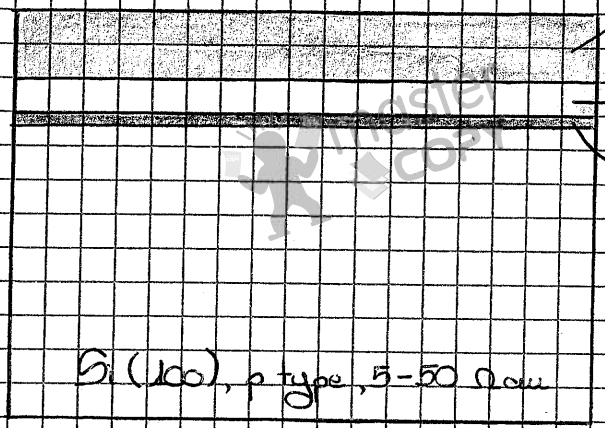
La deposizione avviene per LPCVD (Low pressure chemical vapor deposition)

↳ immergo la fetta a 800 °C in un'atmosfera contenente NH_3 (ammoniaca) e SiH_4 (monosilano) → 80 mm di Si_3N_4

Low pressure → Ossido a pressione < di quella atmosferica

3 – Stesura del fotoresist (~1 μm)

Il fotoresist è una miscela di sostanze organiche. Viene deposto per SPINNING → dopo aver deposto una goccia di fotoresist sulla fetta, questa viene messa in rotazione e il liquido di conseguenza si spalma



master COPY

4 – Fotolitografia ultravioletta del resist (maschera #1)

Le zone illuminate diventano solubili in solventi organici ⇒ i raggi UV cambiano la chimica del fotoresist

– Pre-baking → elimina la parte liquida del fotoresist (in parte) con una incubatrice in campo scuro
– Esposizione UV → (le aree delle zone attive sono coperte)
– Sviluppo nelle soluzioni → il fotoresist rimane in corrispondenza delle zone attive
– Post-baking (ricottura) → rende il fotoresist più solido (l'acqua assorbita evapora del tutto)

Nota: esistono 2 tipi di fotoresist

– i fotoresist positivi si indeboliscono nei punti in cui vengono esposti (come in questo caso)
– i fotoresist negativi si rafforzano nei punti in cui vengono esposti

5 – Rimozione di Si_3N_4 dalle zone esposte

Avviene mediante attacco in plasma (Reactive Ion Etching)

plasma = miscela di atomi neutri, ioni ed elettroni liberi in equilibrio dinamico

↳ gli ioni accelerati da un campo magnetico erodono Si_3N_4 e un po' di fotoresist

Questa è la prima tecnica sottrattiva