

F3: Grundläggande CMOS teknologi

- Målsättning
 - Ge en introduktion till teknologin som bygger upp integrerade kretsar i CMOS och en förståelse till teknologins begränsningar
- Innehåll
 - Tillverkningsprocessen
 - komponenter i CMOS
 - designregler

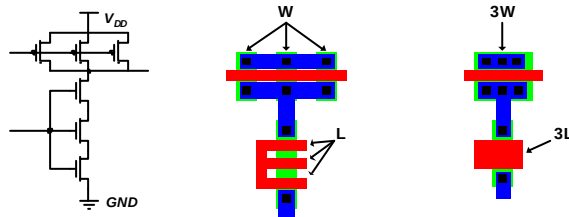
1 (18)

Introduktion

- Den fysiska representationen av en CMOS krets (layout) består av:
 - kombinationer av lager som bygger upp en komponent (t.ex transistorer och dioder)
 - ledningslager
 - kontakter mellan olika lager
- Teknologin sätter begränsningar på layouten
 - enskilda komponenter
 - förhållandet mellan komponenter
 - elektriska kopplingar mellan komponenter
- Designregler bestämmer
 - hur små transistorerna får vara
 - minsta bredd på ledare
 - minsta avstånd mellan komponenter

2 (18)

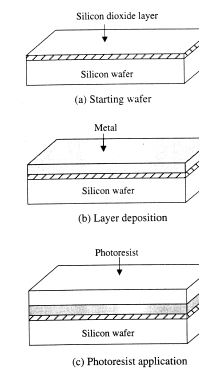
Exempel på layout



3 (18)

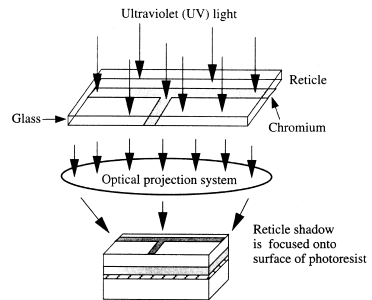
Fotolitografisk process, första stegen

- Exempel: skapa en metalledning på ytan av kiselskivan



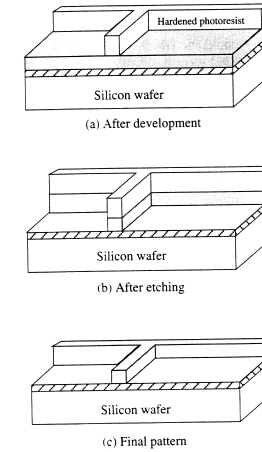
4 (18)

Fotolitografisk process, exponering



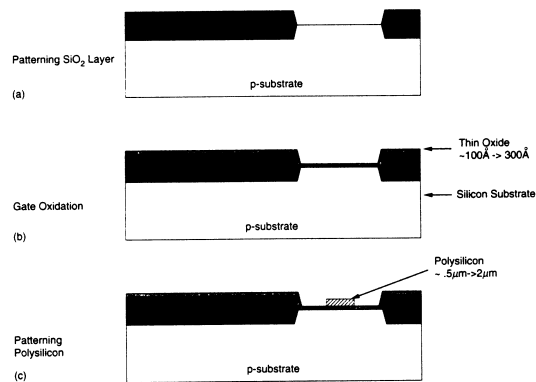
5 (18)

Fotolitografisk process, etsning



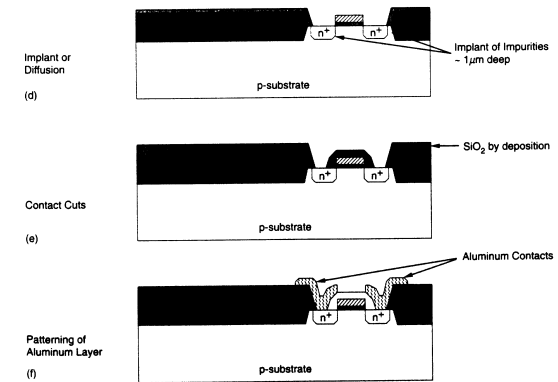
6 (18)

Uppbyggnad av en nMOS



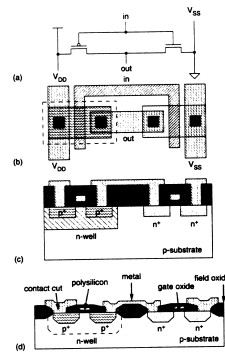
7 (18)

Uppbyggnad av en nMOS



8 (18)

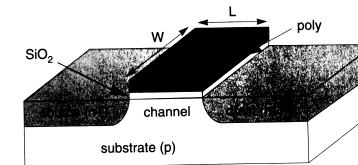
CMOS inverterare i genomskärning



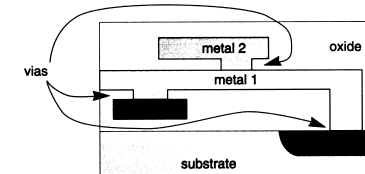
9 (18)

Konstruktionselement i CMOS

• MOS transistor



• Ledningar och via-kontakter



10 (18)

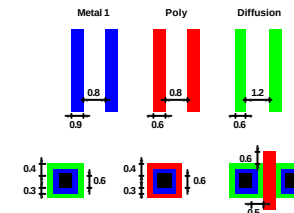
Fysikalisk bakgrund till designregler

- Designregler för en process baseras bl. a på följande:
 - Begränsningar i litografen
 - Processflödets fysiska begränsningar
 - Elektriska egenskaper för de färdiga strukturerna

11 (18)

Fyra exempel på designregler

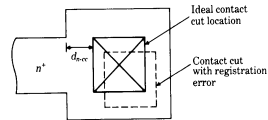
- Minsta linjebredd
 - Hör samman med litografins upplösningssmåga
 - Minsta linjebredd (uttryckt i μm) är den minsta bredden för en ledare som kan skapas tillförlitligt på ett lager *utan risk* för att det blir brott på ledaren.
- Minsta avstånd
 - Hör samman med litografins upplösningssmåga
 - Regeln gäller minsta avståndet mellan två geometrier på samma lager
 - Förhindrar att två ledare kortsluts vid för små avstånd



12 (18)

Fyra exempel på designregler

- Minsta avstånd mellan geometrier på olika lager
 - En komponent (t.ex MOS-transistor, kontakt)
 - Passningen mellan lagren måste ligga inom vissa toleranser för att få en fungerande komponent
 - Exempel: minsta överlapp för "kontakt till n+"
 - d_{n+}

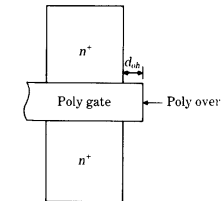


- Regeln anger minsta tillåtna överlappningen av n+ kring kontaktöppningen. Detta tillåter att visst fel i passningen mellan kontaktlagret och n+ lagret.
- d_{n+cc} anger minsta tillåtna överlappet.

13 (18)

Fyra exempel på designregler

- POLY-gate överhäng
 - En poly-gate måste ha ett visst överhäng för att inte source och drain ska kortslutas
 - Detta kommer från att poly läggs på före n+/p+ implanten görs. Bildandet av source och drain beror på poly-masken i SIG-processer (Silicon Gate).



14 (18)

Uppsättning med designregler

- Det finns två metoder att ange design regler
 - λ -baserat
 - μ -baserat
- λ -baserade regler
 - är en uppsättning med förenklade regler som medger skalning till olika processer
 - är generella och kan användas till många olika tillverkarens processer
 - medger inte maximal packningstäthet (inbyggda marginaler)
 - Allmänt känt och sammansatt av MOSIS
- μ -baserade regler
 - En lista med minsta geometriska regler som gäller för en specifik process
 - Består av ett tiotal sidor, svårt att lära sig utantill
 - Medger maximal packningstäthet
 - Ges ut av halvledartillverkaren

15 (18)

Skalbara regler

- λ -baserade regler anges i en variabel λ
- Exempel
 - $\lambda=1$ motsvarar $2\mu\text{m}$ process
 - $\lambda=0.6$ motsvarar $1.2\mu\text{m}$ process
 - $\lambda=0.4$ motsvarar $0.8\mu\text{m}$ process

16 (18)

Balans: densitet - utbyte

- Design regler är en balans mellan
 - storleken på kretsen (vilken packningstäthet man kan uppnå)
 - utbytet i tillverkningsprocessen
- Kommentar
 - En layout som bryter mot design reglerna kan fortfarande fungera, och vice versa.
 - Brott mot design reglerna minskar sannolikheten för att en krets ska fungera (utbytet blir sämre)
 - Design regler kan ses som en kommunikation mellan processingenjör och konstruktör

Summering

- λ -baserade regler är inte tillräckligt för teknologier med hög prestanda
- Design regler kontrolleras av datorverktyg, design rule checkers (DRC)
- Fördelaktigt att låta datorverktyg automatisk generera layout enligt reglerna