



Microtecnologia dei semiconduttori

Il contenuto delle seguenti lezioni e' in massima parte tratto dal libro "An Introduction to Semiconductor Microtecnologia" di D.V. Morgan e K. Board, ed. Open University Set Book. Altri contributi sono stati tratti da: "Device Electronics for integrated circuits" di R.S. Muller, T.I. Kamins, ed. J. Wiley & Sons. e da "Physics of semiconductor devices" di S.M. Sze, ed. Wiley-Interscience

Introduzione

- *INTEGRARE = COSTRUIRE UN GRAN NUMERO DI DISPOSITIVI ELEMENTARI IDENTICI SULLO STESSO CRISTALLO DI SILICIO (CHIP)*

Verranno presi in esame i seguenti aspetti:

- *Vantaggi economici dell'integrazione*
- *Tipici problemi associati con l'integrazione*
- *Passaggi fondamentali dell'integrazione.*


Vantaggi dell'integrazione

- *abbassamento dei costi di produzione dei circuiti elettronici*
- *abbassamento dei costi di stoccaggio e trasporto*
- *maggiore affidabilità del prodotto dovuta al ridotto numero di interconnessioni tra dispositivi*

BATCH PROCESSING

Batch = (to bake), amount of material produced in one (baking) operation

Con la tecnologia microelettronica e' possibile realizzare con un'unica operazione un numero elevato di oggetti identici e gli stessi "building blocks" possono essere usati per produrre un numero qualsivoglia di wafer

 *e' possibile abbassare tantissimo il costo di produzione del singolo dispositivo.*

Esistono diversi livelli di integrazione, nel senso che il progettista, a seconda delle esigenze, può scegliere di integrare su chip un numero variabile di “parti” dell’oggetto che vuole costruire.

Esempio: confronto tra i costi di produzione in tre diverse situazioni:

- *progetto realizzato interamente “a componenti discreti”*
- *progetto realizzato con integrazione completa*
- *progetto realizzato con una scelta intermedia tra le precedenti*


Integrazione

-3-

Esempio: Tabella dei costi relativa ai tre casi considerati (costi espressi in £)

<i>Costo unitario</i>	<i>Caso discreto</i>	<i>Integrazione parziale</i>	<i>Integrazione totale</i>
<i>Progetto</i>	$40.000/10^6$ $=0.04$	$40.000/10^6$ $=0.04$	$40.000/10^6$ $=0.04$
<i>Componenti</i>	10.000×0.5 $=5.000$	$100 \times 3 = 300$	$1 \times 10 = 10$
<i>Scheda</i>	$200 \times 5 = 1000$	$2 \times 5 = 10$	—
<i>Montaggio e assemblaggio</i>	50	20	20
<i>Totale</i>	6050	330	30

Inoltre:

- *i volumi occupati nel caso di totale integrazione sono grandemente minori che negli altri casi*  *radicale riduzione dei costi di trasporto, di stoccaggio e, in ultima analisi, dell'impatto ambientale causato dalla produzione ed utilizzo di circuiti integrati.*
- *miglioramento della produzione in termini di affidabilita' dovuto alla riduzione delle aree di interconnessione tra i componenti del circuito, sedi preferenziali per possibili guasti.*

Possibili controindicazioni:

- *maggiore e' la complessita' delle operazioni svolte da un certo sistema, piu' alto e' il grado di specializzazione delle sue funzioni e minore e' il numero di applicazioni per cui puo' essere usato.*

Percio' puo' essere conveniente non spingere troppo sull'integrazione e realizzare un dispositivo che con poche varianti possa differenziare opportunamente le sue funzioni.



Programmabilita'

Resa (Y , yeld) =numero di circuiti funzionanti ottenuti da un certo processo

Dipende da numerosi fattori:

- *innovativita' del processo*
- *numero di stadi di produzione $Y=fN$ con f =frazione di circuiti funzionanti per stadio, N = numero di stadi*
- *limiti dovuti alle dimensioni e alla complessita' del circuito (se troppo piccolo, possibili difetti nell'allineamento delle maschere, se troppo grandi, eccessiva influenza dei difetti del silicio)*

- Quali sono i principali processi tecnologici per costruire un circuito integrato?
- Prendiamo un semplice esempio: la giunzione p-n.

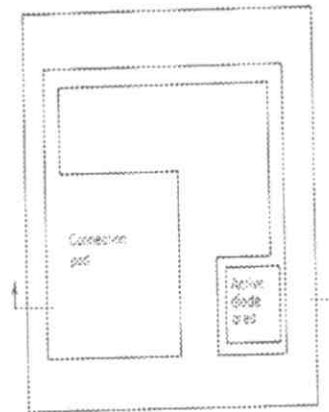
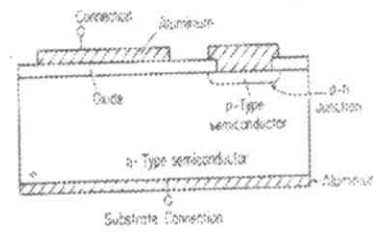


Fig. 12 A simple prototype integrated circuit to illustrate the various processing stages

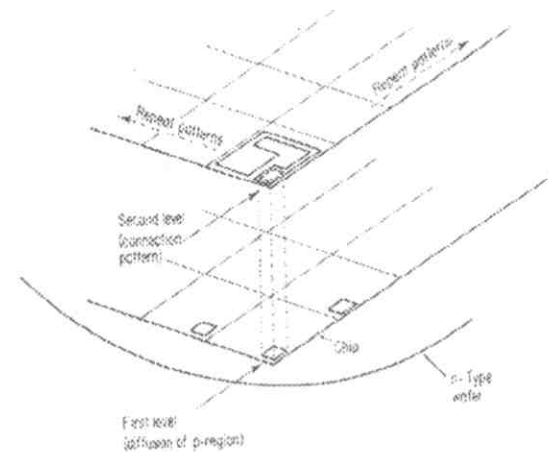


Fig. 13 Batch processing of pn junction diode illustrating the two patterning levels necessary

Per costruire un circuito “semplice” come quello illustrato occorre:

- *procurarsi una “fetta” di silicio (wafer) di tipo n (PRODUZIONE DI FETTE DI SILICIO)*
- *coprire la superficie con uno strato isolante di SiO₂ (OSSIDAZIONE)*
- *Aprire dei buchi di dimensioni controllate nell’ossido (FOTOLITOGRAFIA)*
- *Introdurre impurita’ di tipo p (DIFFUSIONE)*
- *Coprire le superfici con alluminio (METALLIZZAZIONE)*
- *Definire dei “pattern” di forma definita nell’alluminio (FOTOLITOGRAFIA)*
- *Ricoprire di metallo la superficie anteriore del wafer (METALLIZZAZIONE)*
- *Realizzare, attraverso trattamenti termici, dei contatti a bassa resistenza tra i metalli e le zone drogate.*

Tutte queste operazioni possono venir eseguite contemporaneamente su un gran numero di dispositivi ospitati sullo stesso wafer.

Successivamente, la fetta verrà suddivisa nei singoli dispositivi, ciascuno di essi dovrà essere connesso tramite fili (BONDING) e infine incapsulato in un opportuno contenitore che eviti ogni danno fisico del dispositivo.

Tutte queste operazioni vengono tipicamente svolte in ambienti a pressione, temperatura e soprattutto grado di inquinamento controllati, dette *camere bianche*.