

*Metallizzazione,  
interconnessione e  
packaging*

*-1-*

---

*Scopo della lezione:*

- *descrivere come dai singoli processi tecnologici visti nei capitoli precedenti si arriva al dispositivo pronto all'uso*

# *Metallizzazione, interconnessione e packaging*

-2-

*Una volta realizzata la funzionalita' del dispositivo, esso deve essere connesso al "mondo esterno". Pertanto e' necessario realizzare delle connessioni a bassa resistivita' sul circuito. Ci sono diverse tecniche per realizzare delle metallizzazioni su dispositivi realizzati con tecnologia planare:*

- *Thin film deposition*
- *Plating*



# Metallizzazione, interconnessione e packaging

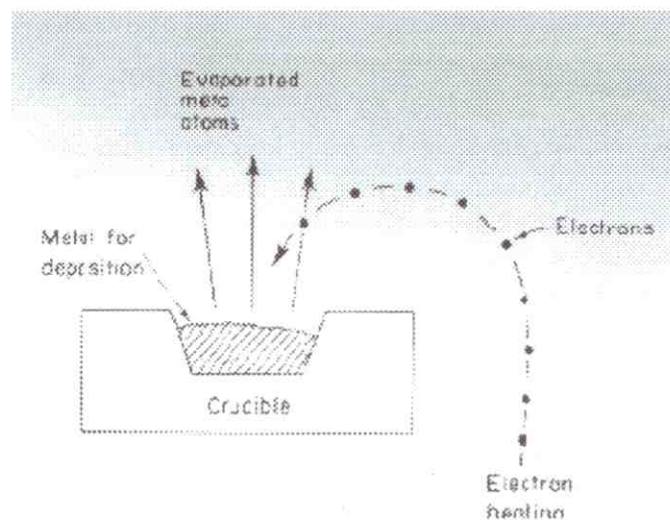
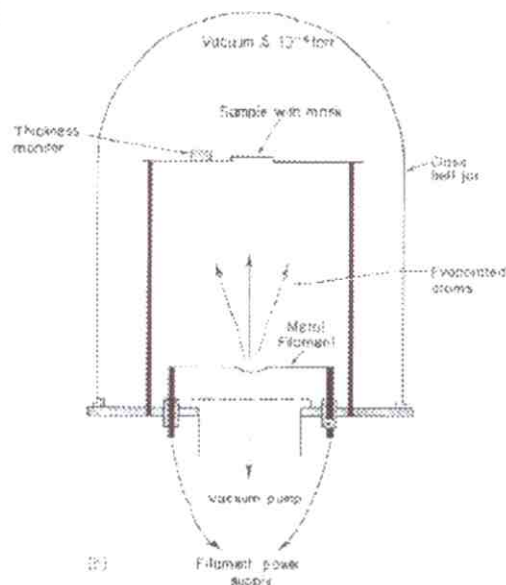
-3-

*Thin film deposition*

*Vacuum evaporation*

*Le temperature in gioco sono molto alte (la temperatura di fusione del filamento deve essere molto maggiore di quella del metallo da evaporare, es. W 3370 C)*

*Electron beam evaporation: Si usa un fascio di elettroni di alta intensita'. E' piu' sicura della prima per quanto riguarda la contaminazione in quanto il contenitore del metallo non viene riscaldato e percio' non rilascia sostanze indesiderate.*

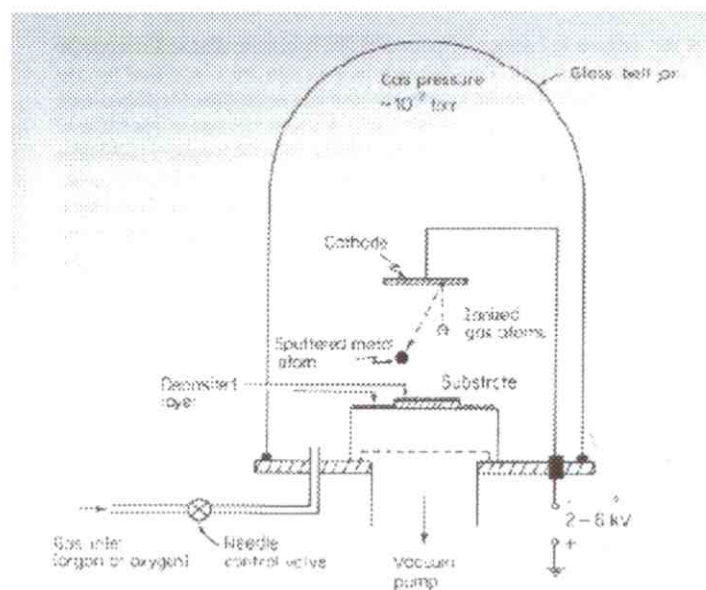


# Metallizzazione, interconnessione e packaging

-4-

## Sputtering

Si usa come catodo il materiale che si vuole deporre. Applicando una tensione gli atomi del gas vengono ionizzati e vanno a colpire il catodo il quale emette atomi (sputterati) che vanno a depositarsi sul substrato, eventualmente selettivamente ricoperto da una maschera.



(1)



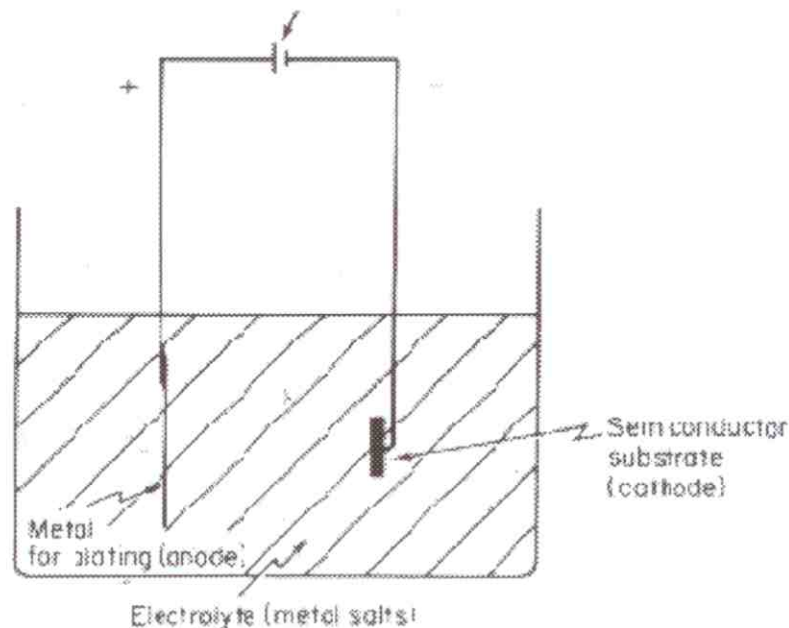
# *Metallizzazione, interconnessione e packaging*

-5-

## *Plating*

*E' un processo di deposizione elettrolitica da soluzione.*

*Il substrato e' usato come catodo, e il metallo da depositare come anodo. Si applica una d.d.p in continua che provoca la migrazione degli ioni metallici dall'anodo al catodo attraverso una soluzione acquosa di sali metallici.*



# *Metallizzazione, interconnessione e packaging*

*-6-*

## *Metallizzazione (Note)*

*In microelettronica, i metalli possono avere due funzioni:*

- avere ruoli specifici nella funzionalità del circuito (giunzioni);*
- servire come interconnessioni.*

*In entrambi i casi, le metallizzazioni devono soddisfare alcune richieste:*

- buona aderenza tra metallo e semiconduttore*
- possibilità di erosione selettiva*
- facilità di interconnessione*
- resistenza alla degradazione (alte I e T).*

*A parte queste proprietà generali, occorre prestare attenzione ad alcuni altri problemi che possono sorgere nel caso di applicazioni particolari.*



# *Metallizzazione, interconnessione e packaging*

*-7-*

*Ad esempio, nel caso di contatti ohmici, e' necessario che il semiconduttore sia drogato in modo degenere (cioe'  $n > 10^{25-26}$ ). Per fare questo si realizza un drogaggio per impiantazione ionica (Si) oppure (GaAs) si mettono a contatto metallo e s.c. e si riscaldano contemporaneamente (a 300-600 C) per fare in modo che atomi del metallo penetrino nel s.c.*

*Viceversa ci sono alcuni effetti indesiderati che possono avvenire nei processi di metallizzazione e precisamente:*

- *reazioni chimiche indotte termicamente*
- *interdiffusione*
- *elettromigrazione*

# *Metallizzazione, interconnessione e packaging*

-8-

*Ad esempio, l'aumentare di  $T$  (cio' avviene normalmente a causa della potenza dissipata durante il funzionamento dei dispositivi) puo' facilitare l'occorrenza di reazioni chimiche tra metallo e s.c. che possono alterare anche gravemente le proprieta' del circuito.*

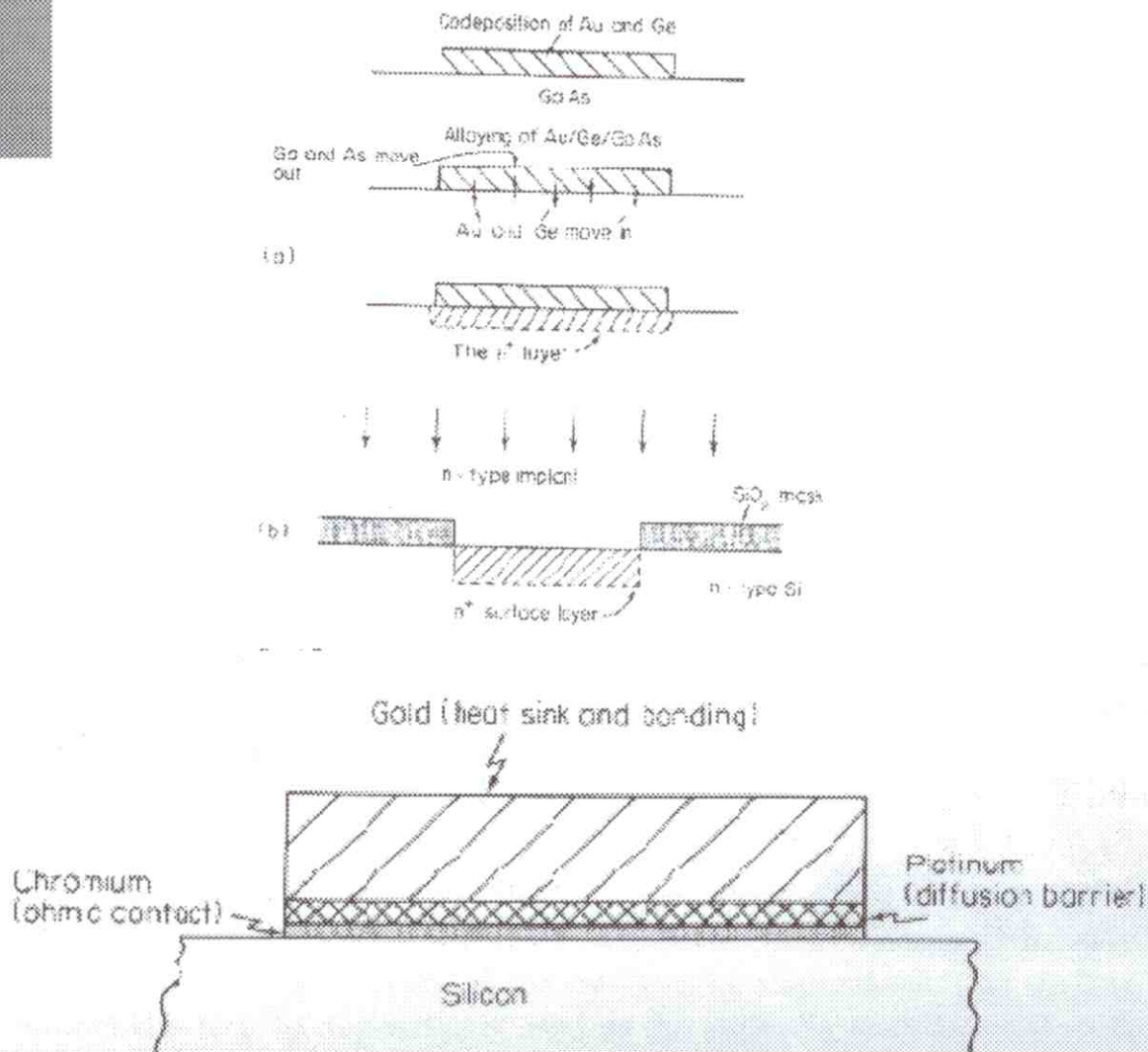
*Alternativamente, con alte densita' di corrente, puo' accadere che gli elettroni trasmettano agli atomi, tramite urti, una quantita' di moto sufficiente a farli spostare nella stessa direzione della corrente lasciando alle spalle dei "buchi" e causando degli accumuli all'altra estremita'.*



# Metallizzazione, interconnessione e packaging

-9-

Come conseguenza, e' spesso necessario combinare diversi strati di metallizzazione per soddisfare alle diverse richieste

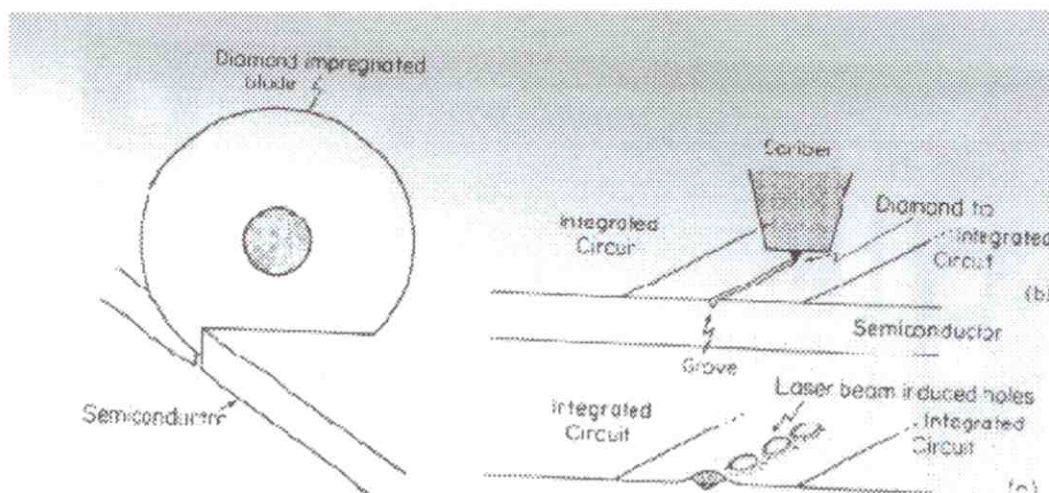


# Metallizzazione, interconnessione e packaging

-10-

*E' arrivato ora il momento di provvedere all'interfacciamento del circuito costruito con il mondo esterno. Questa fase prevede alcune operazioni:*

- *protezione dell'area attiva da danni e contaminazioni esterne*
- *rifinitura del wafer dal punto di vista dello spessore*
- *suddivisione del wafer nei singoli circuiti*
- *montaggio dei circuiti*
- *interconnessione tra i circuiti e i contatti metallici del contenitore*





# *Metallizzazione, interconnessione e packaging*

-11-

*Per la protezione finale del circuito viene normalmente usato uno spesso strato di  $\text{SiO}_2$ , nel caso del GaAs di  $\text{Si}_3\text{N}_2$ .*

*Per quanto riguarda la rifinitura dello spessore del wafer, occorre precisare che ci sono due opposte richieste al proposito: da un lato occorre che il wafer non sia troppo sottile per ovvi motivi di maneggiabilità, dall'altro wafer troppo spessi ostacolano la dissipazione termica. Tali inconvenienti, oltre a quelli di una maggiore lavorabilità dei circuiti, sono ovviati utilizzando dapprima wafer spessi che vengono successivamente assottigliati (fino a 150  $\mu\text{m}$ ) tramite **lapping** della superficie non attiva.*

# *Metallizzazione, interconnessione e packaging*

*-12-*

*L'estrazione dei singoli circuiti dal wafer puo' essere realizzata in diversi modi:*

- *utilizzando una lama circolare impregnata di diamante (molto sottile per non portare via materiale ai bordi del taglio)*
- *cleaving del cristallo lungo un piano cristallino con una punta di diamante*
- *incisione con fascio laser*

*Il singolo circuito viene poi incluso in un contenitore.*

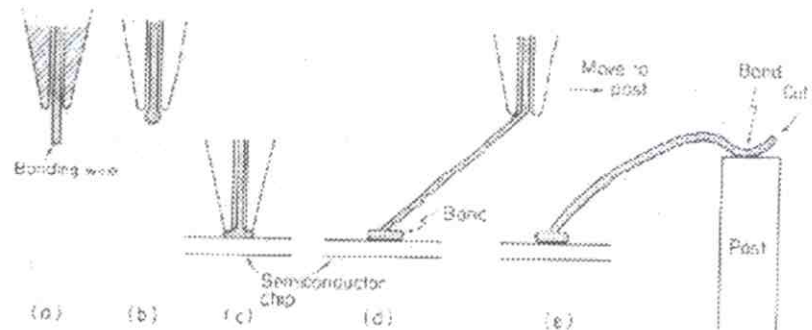
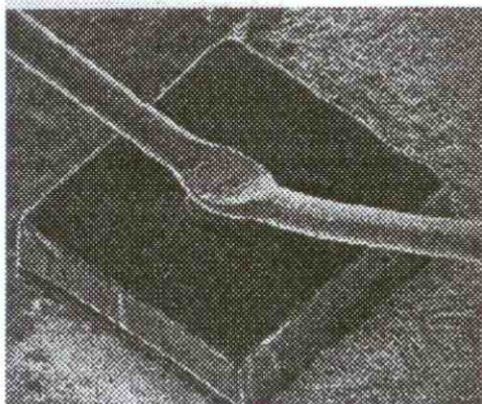
*La connessione tra circuito e contenitore puo' essere realizzata tramite colla epossidica oppure interponendo un sottile strato metallico con bassa T di fusione tra chip e package e riscaldando successivamente fino alla fusione.*



# Metallizzazione, interconnessione e packaging

-13-

- Il passo finale consiste nel connettere elettricamente i terminali metallici del contenitore con le aree di contatto del circuito (bonding). Tale processo richiede un preciso controllo spaziale e deve essere realizzato al microscopio.
- Le tecniche di bonding in uso sono tre:
  - termocompressione
  - bonding ad ultrasuoni
  - bonding termosonico
- La scelta del processo dipende dal range di temperatura che il circuito in esame puo' sopportare.





# Metallizzazione, interconnessione e packaging

-14-

Alternative al bonding sono le tecniche di flip-chip e di "beam leads". La prima consiste nel montaggio del chip "a testa in giu".

Normalmente questa tecnica viene impiegata nei casi in cui si voglia avere una alta efficienza di dissipazione termica. La seconda consiste nel realizzare direttamente sul wafer delle metallizzazioni a ponte tra l'area attiva e l'esterno che vengono successivamente erose in modo da formare dei perni ai quali il chip risulta successivamente sospeso

