

AA 2008–2009

Microelettronica L-A

Introduzione

Presentazione del corso. Scopi del corso. Orario delle lezioni e di ricevimento. Nozioni che si suppongono già acquisite in precedenza da parte degli Studenti. Modalità dell'esame e iscrizione agli appelli. Programma e bibliografia.

Generalità sull'importanza industriale dei sistemi elettronici. Diffusione e pervasività dei microprocessori. Volume di produzione delle memorie a semiconduttore. Costi d'impianto e di manutenzione di uno stabilimento per la produzione di circuiti integrati.

Programma

Generalità sulla produzione del silicio. Tecniche CZ e FZ. Segregazione delle impurezze. Generalità sul meccanismo di diffusione. Equazione di continuità. Equazione del trasporto: il tipo diffusivo e quello ohmico-diffusivo. Calcolo della distribuzione del drogante durante la cristallizzazione. Il caso del coefficiente di segregazione costante e quello del coefficiente di segregazione variabile. Difetti cristallografici. Relazione fra difetti e resa di produzione.

Ossidazione del silicio. Generalità. Modello di Deal e Grove per la cinetica dell'ossidazione termica. Calcolo della cinetica dell'ossidazione. Casi limite del modello. Dipendenza dei coefficienti dai parametri esterni. Esercizi sull'ossidazione termica.

Deposizione di film sottili. Tecniche PVD e CVD. Epitassia CVD. Calcolo della cinetica dell'epitassia CVD.

Generalità sulla diffusione dei droganti. Nozioni preliminari necessarie per la soluzione dell'equazione della diffusione nel caso generale. Descrizione qualitativa dei processi di diffusione termica dei droganti nel silicio. Soluzione dell'equazione della diffusione. Il caso del dominio illimitato da ambo i lati. Applicazioni: *predep* e *drive-in*. Il caso del dominio illimitato da uno solo lato. Condizioni di saldatura all'interfaccia. Processi termici successivi.

Generalità sull'impianto ionico. Schema a blocchi dell'impiantatore ionico. Filtro magnetico e filtro elettromagnetico. Parametri tipici dell'impiantatore ionico. Collisione binaria fra ione e nucleo. Tipi di traiettorie percorse dagli ioni nel silicio. Incanalamento. Energia trasferita nella collisione con un nucleo. Potere frenante nucleare. Calcolo della lunghezza della traiettoria dello ione. Potere frenante elettronico. Andamento dei poteri frenanti. Energia critica. Calcolo del *range* per mezzo del teorema del limite centrale. Distribuzione del profilo impiantato. Fenomeni che causano "code" della distribuzione. Metodi per prevenire l'incanalamento. *Annealing*. Tecniche TA, LA, RTA. Confronto fra impianto ionico e diffusione termica.

Generalità sulla litografia. *Resist* positivo e *resist* negativo. Litografia ottica, a raggi X, elettronica, ionica. Confronto fra le tecniche litografiche. Fabbricazione delle maschere. Litografia a contatto e litografia in prossimità. Litografia a proiezione.

Etching isotropo. Tipi di *etching* anisotropo: PE e RIE, e schema dell'apparato.

Esempi di calcolo di passi di processo.

Descrizione del processo bipolare. Descrizione del processo CMOS. Descrizione di uno stabilimento per la produzione di circuiti integrati.

Funzioni generatrici della "delta" di Dirac.

Introduzione al trasporto di carica nei solidi. Legge di Ohm. Conducibilità elettrica. Concetto di drogante. Materiali droganti usati nella tecnologia del silicio. Definizioni del vettore densità di corrente elettrica e della corrente elettrica. Legge di Ohm locale. Espressione del campo elettrico nel caso statico o a bassa frequenza. Esempio di applicazione di questi concetti al caso del resistore.

Semiconduttori di tipo intrinseco, di tipo estrinseco n e di tipo estrinseco p . Materiali droganti di tipo donatore e di tipo accettore. Concetto di lacuna. Struttura della giunzione $p-n$. Caratteristica statica della giunzione $p-n$. Struttura del transistor bipolare a giunzione di tipo $n-p-n$ e di tipo $p-n-p$. Struttura del condensatore MOS. Struttura del transistor MOS a canale n e a canale p .

Simboli usati per i dispositivi illustrati. Convenzioni tipiche adottate per la descrizione di tensioni e correnti nei dispositivi illustrati. Concetto di caratteristica statica e di famiglia di caratteristiche nel caso di dispositivi con più di due morsetti.

Funzionamento qualitativo del transistor MOS a canale n e a canale p . Struttura dell'invertitore CMOS a n -well. Struttura dell'invertitore CMOS a p -well.

Esercizi riassuntivi.