

## **DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES I (64 hrs.)**

**Profesor:** Dr. Ramón Peña Sierra.

**OBJETIVOS:** Este curso introducirá al estudiante al conocimiento de las bases de funcionamiento de los dispositivos semiconductores y de los modelos teóricos que explican sus comportamientos. Se analizan los fenómenos físicos que constituyen la base del funcionamiento, la configuración de sus estructuras básicas, y las limitaciones físicas de los dispositivos. Se hará énfasis en los parámetros que caracterizan a los dispositivos y en la dependencia de éstos con las propiedades intrínsecas de los semiconductores, así como el diseño (geometría, configuración,...) del dispositivo. Se señalarán las desviaciones más comunes que ocurren en los dispositivos reales y las limitaciones de los modelos existentes.

**Contenido:**

### **TEMA 1: UNIÓN P-N (UPN).**

- 1.1.- Estructura física de la UPN , unión abrupta y gradual.
- 1.2.- Establecimiento del equilibrio termodinámico en la unión.
- 1.3.- Modificación de la energía potencial electrostática de cada región de la unión.
- 1.4.- Análisis electrostático: Solución de la ecuación de Poisson, distribución de carga fija, campo eléctrico, potencial y energía, potencial electrostático.
- 1.5.- Diagrama de bandas de energía.
- 1.6.- Capacidad de la UPN.
- 1.7.- Efecto de la impurificación de las diferentes regiones de la unión
- 1.8.- Concentración de portadores libres en la zona de vaciamiento
- 1.9.- Flujo de portadores a través de la unión en equilibrio y fuera de equilibrio
- 1.10.- Diagrama de bandas de la UPN en condiciones de polarización
- 1.11.- Transporte eléctrico a través de la UPN : Modelo de Shockley para el diodo de regiones infinitas y de regiones finitas
- 1.12.- Presencia de centros de recombinación-generación
- 1.13.- Almacenamiento de carga: transitorios de voltaje en la UPN , fenómenos de ruptura y alta inyección
- 1.14.- Circuito equivalente a pequeña señal
- 1.15.- Efecto de la temperatura sobre cada aspecto característico de la UPN.

### **TEMA 2: UNIÓN METAL SEMICONDUCTOR Y CONTACTO ÓHMICO.**

- 2.1.- Estructura física.
- 2.2.- Efecto de la posición relativa del nivel de Fermi en cada material y establecimiento del equilibrio termodinámico de las estructuras.
- 2.3.- Análisis electrostático.
- 2.4.- Análisis de los mecanismos de transporte eléctrico:
  - 2.4.1- Emisión termiónica,
  - 2.4.2- Emisión por campo, arrastre-difusión, recombinación y efecto de carga imagen sobre los mecanismos de transporte.

- 2.5.- Transitorio de voltaje en la barrera Schottky.
- 2.6.- Contacto óhmico por acumulación.
- 2.7.- Contacto óhmico por efecto túnel.

### **TEMA 3: TRANSISTOR BIPOLAR.**

- 3.1.- Estructura física y diagrama de bandas.
- 3.2.- Flujos de carga en equilibrio.
- 3.3.- Polarización del transistor y efecto transistor.
- 3.4.- Transporte eléctrico: flujos de carga bajo polarización.
- 3.5.- Tiempo de transito en la base
- 3.6.- Modelo de Ebers-Moll (E-M) y Modelo de Control de Carga.
- 3.7.- Efecto Early.
- 3.8.- Modelo a pequeña señal.
- 3.9.- Respuesta en frecuencia.

### **TEMA 4: ESTRUCTURA MOS.**

- 4.1.- Estructura física y diagrama de bandas de energía.
- 4.2.- Estructura MOS ideal.
- 4.3.- Curvas C- V en las diferentes regiones de polarización.
- 4.4.- Efecto de la frecuencia sobre curvas C- V.
- 4.5.- Efectos de la función de trabajo del metal, cargas en el aislante y estados en la interface óxido-semiconductor en las curvas C- V.
- 4.6.- Efecto de la temperatura en la estructura MOS.

### **TEMA 5: TRANSISTOR MOS.**

- 5.1.- Principio de funcionamiento del transistor MOS.
- 5.2.- Ecuaciones fundamentales: ecuación de Poisson, densidad de corriente de huecos y electrones, etc.
- 5.3.- Modelos de bandas en la interfase óxido-silicio con diferentes potenciales de  $V_{GS}$ . Equilibrio y no equilibrio  $V_{DS}=0$ .
- 5.4.- Corriente de drenador.
- 5.5.- Relación corriente-tensión
- 5.6.- Densidad de carga.
- 5.7.- Empobrecimiento.
- 5.8.- Débil inversión.
- 5.9.- Fuente de inversión.
- 5.10.- Acumulación.
- 5.11.- Tensión de umbral en fuerte inversión.
- 5.12.- Modelo con movilidad constante.
- 5.13.- Expresión de corriente.
- 5.14.- Parámetros dinámicos.
- 5.15.- Modelo con movilidad variable.
- 5.16.- Ley de velocidad.

- 5.17.- Campo eléctrico. Longitudinal y transversal Transistor MOS en débil inversión.
- 5.18.- Modelo aproximado.
- 5.19.- Modelo completo.
- 5.20.- Transistor MOS fuera de saturación.
- 5.21.- Modelo simple.
- 5.22.-Modelo con campo eléctrico longitudinal.
- 5.23.-Transistor MOS en saturación.
- 5.24.-Zona de oclusión en el canal.
- 5.25.-Cálculo de  $I_D$  ,  $V_{DSS}$  ,  $V_{DS}$  ,  $Y_{RD}$  Respuesta en C.A.
- 5.26.-Circuitos equivalentes a pequeña señal.
- 5.27.-Frecuencia de corte.

#### **BIBLIOGRAFÍA:**

- Physics of Semiconductor Devices (2nd. Edition). S.M. Sze. John Wiley & Sons
- Semiconductor Devices and Integral Electronics A.G. Milnes
- Solid State and Semiconductor Physics J.P. McKelvey Harper& Row (1966)
- Principles of Semiconductor Devices Operation. A.K. Johnscher. John Wiley & Sons
- Physics and Technology of Semiconductor Devices A.S. Grove. John Wiley & Sons
- MOS Physics and Technology E.H. Nicollian & J.R. Brews. John Wiley & Sons (1982)
- Device Electronics for Integrated Circuits. Richard S. Muller