

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Esta asignatura pretende ofrecer una visión general del transporte electrónico en dispositivos. Se pretende que los alumnos conozcan la existencia de una jerarquía de niveles de aproximación para el tratamiento del transporte electrónico, y cómo las características de los dispositivos determinan la elección de uno u otro. Así mismo, queremos dar una visión general sobre dispositivos electrónicos mesoscópicos que eventualmente pudieran sustituir o complementar al transistor MOS en futuras tecnologías electrónicas.

### **Objetivos específicos**

1. Asentar conocimientos básicos de física de semiconductores (teoría de bandas, densidad de estados, semiconductores relevantes en microelectrónica...).
2. Conocer tres enfoques del transporte electrónico orientados a la simulación de dispositivos, con particular énfasis en las aproximaciones subyacentes en cada uno de ellos y en sus interrelaciones.
  - Ecuación de la envolvente (dispositivos cuánticos).
  - Ecuación de Boltzmann: simulación Monte Carlo.
  - Ecuaciones de los semiconductores y ecuación de transporte ambipolar.
3. Conocer el funcionamiento de algunos dispositivos relevantes que tienen dimensiones nanométricas: dispositivos túnel resonante, dispositivos de un solo electrón, MOSFETs de dimensiones nanométricas.

## **Bibliografía**

- 1) Pierret R.F., *Advanced Semiconductor Fundamentals*, Modular series on solid state devices, vol. VI, Addison-Wesley (1987). (Temas 1,2 y 4)
- 2) Smith A., Janak J., and Adler R., *Electronic Conduction in Solids*, McGraw-Hill (1967) (Tema 3).
- 3) McKelvey J., *Física del estado sólido y de semiconductores*, Limusa (1976). (Tema 4)
- 4) M.S. Lundstrom, *Transport phenomena for Device Applications*, Modular series on solid state devices, vol. VI, Addison-Wesley (1990). (Tema 5)

## **Evaluación**

La nota final se obtendrá con el siguiente criterio:

Problemas resueltos (40% de la nota final)

Examen final (60% de la nota final)

Para aplicar el anterior criterio se requerirá mas de un 4 en cada una de las dos partes.

### **Problemas**

En las sesiones de prácticas, los alumnos resolverán problemas que deberán entregar en fechas predeterminadas (ver temario). Se podrá trabajar en grupos de 2 alumnos.

Los alumnos que deseen optar a una **mejor calificación** podrán hacer, en sustitución de estos problemas, un pequeño trabajo de investigación en colaboración con uno de los profesores de la asignatura.

### **Examen**

El examen consistirá en preguntas cortas (o pequeños problemas que exijan un número muy reducido de cálculos).

## **Profesorado:**

Jordi Suñé	QC-3041	<a href="mailto:Jordi.Sune@uab.es">Jordi.Sune@uab.es</a> <a href="http://www.etse.uab.es/jsunye">http://www.etse.uab.es/jsunye</a>
Xavier Oriols	QC-3015	<a href="mailto:Xavier.Oriols@uab.es">Xavier.Oriols@uab.es</a> <a href="http://einstein.uab.es/xoriols">http://einstein.uab.es/xoriols</a>

## **Temario:**

### **1. Introducción (2 horas)**

Breve historia de los dispositivos electrónicos. Tendencias evolutivas. *Roadmaps* de microelectrónica y nanoelectrónica.

### **2. Estados y dinámica del electrón en semiconductores (10 horas)**

**2.1** Repaso de conceptos básicos de teoría de bandas (aproximación monoeléctronica, funciones de Bloch, representaciones del diagrama de bandas)

**2.2** Densidad de estados.

**2.3** Distribución de portadores en equilibrio. Nivel de Fermi. Diagramas de bandas de dispositivos. Semiconductores relevantes.

**2.4.** Ecuaciones de la masa efectiva y de la envolvente. Ecuaciones de movimiento semiclásicas. Oscilaciones de Bloch.

#### **Problemas:**

**P2.1** El modelo de Kronig-Penney

**P2.2** Diagramas de Bandas de dispositivos.

(entrega problemas 5 de Noviembre)

### **3. Semiconductores fuera de equilibrio (10 horas)**

**3.1** Ecuación de Boltzmann.

**3.2** Colisiones elásticas e inelásticas

**3.3** Simulación Monte Carlo del transporte en dispositivos.

**3.4** Efectos cuánticos en dispositivos electrónicos: Trayectorias cuánticas.

#### **Problemas:**

**P3.1** Aprox. del tiempo de relajación

**P3.2** Cálculo de las velocidades de colisión para silicio

**P3.3** Cálculo de las trayectorias de Bohm para un paquete Gaussiano

(entrega problemas 28 de Noviembre)

### **4. Transporte electrónico en dispositivos semiclásicos (6 horas)**

**4.1** Ecuaciones fundamentales de los semiconductores. Generación y recombinación.

**4.2** Transporte ambipolar. El diodo de unión PN

**4.3** El experimento de Haynes y Shockley.

#### **Problemas:**

**P4.1** Ecuación de transporte ambipolar aplicada al diodo de unión PN.

**P4.2** Diseño de un diodo de unión PN

**P4.3** Diseño de un experimento de Haynes y Shockley

(entrega problemas 19 de diciembre)

### **5. Dispositivos mesoscópicos (8 horas)**

**5.1** Dispositivos cuánticos verticales: el diodo túnel resonante.

**5.2** MOSFET de dimensiones nanométricas.

**5.3** Dispositivos nanométricos de transporte lateral: contactos puntuales.

**5.4** Dispositivos de un solo electrón.

#### **Problemas:**

**P5.1** Corriente y densidad de carga en un diodo túnel resonante

**P5.2** Principios de funcionamiento de dispositivos de un solo electrón.

(entrega problemas día del examen)

## **Horario:**

Electrònica-Física				Curs 2002-2003		
Octubre	Dimarts	1	Dimecres	2	Dijous	3
11:12	Present	J.S + X.O	Tema 1	J.Suñé	Tema 1	J.Suñé
12:13					Tema 2	J.Suñé
Octubre	Dimarts	8	Dimecres	9	Dijous	10
11:12	Tema 2	J.Suñé	Tema 2	J.Suñé	Tema 2	J.Suñé
12:13					Tema 2	J.Suñé
Octubre	Dimarts	15	Dimecres	16	Dijous	17
11:12	Tema 2	J.Suñé	Tema 2	J.Suñé	Tema 2	J.Suñé
12:13					Tema 2	J.Suñé
Octubre	Dimarts	22	Dimecres	23	Dijous	24
11:12	Tema 2	J.Suñé	Prob 2	J.Suñé	Prob 2	J.Suñé
12:13					Prob 2	J.Suñé
Octubre	Dimarts	29	Dimecres	30	Dijous	31
11:12	Prob 2	J.Suñé	Tema 3	X.Oriols	Tema 3	X.Oriols
12:13					Tema 3	X.Oriols
Novembre	Dimarts	5	Dimecres	6	Dijous	7
11:12	Tema 3	X.Oriols	Tema 3	X.Oriols	Tema 3	X.Oriols
12:13					Tema 3	X.Oriols
Novembre	Dimarts	12	Dimecres	13	Dijous	14
11:12	Tema 3	X.Oriols	Tema 3	X.Oriols	Tema 3	X.Oriols
12:13					Tema 3	X.Oriols
Novembre	Dimarts	19	Dimecres	20	Dijous	21
11:12	Prob 3	X.Oriols	Prob 3	X.Oriols	Prob 3	X.Oriols
12:13					Prob 3	X.Oriols
Novembre	Dimarts	26	Dimecres	27	Dijous	28
11:12	Tema 4	J.Suñé	Tema 4	J.Suñé	Tema 4	J.Suñé
12:13					Tema 4	J.Suñé
Desembre	Dimarts	3	Dimecres	4	Dijous	5
11:12	Tema 4	J.Suñé	Tema 4	J.Suñé	Facultat de Ciències	
12:13						
Desembre	Dimarts	10	Dimecres	11	Dijous	12
11:12	Prob 4	J.Suñé	Prob 4	J.Suñé	Prob 4	J.Suñé
12:13					Prob 4	J.Suñé
Desembre	Dimarts	17	Dimecres	18	Dijous	19
11:12	Tema 5	X.Oriols	Tema 5	X.Oriols	Tema 5	X.Oriols
12:13					Tema 5	X.Oriols
Gener	Dimarts	7	Dimecres	8	Dijous	9
11:12	Tema 5	J.Suñé	Tema 5	J.Suñé	Tema 5	J.Suñé
12:13					Tema 5	J.Suñé
Gener	Dimarts	14	Dimecres	15	Dijous	16
11:12	Tema 5	J.Suñé	Tema 5	J.Suñé	Prob 5	J.Suñé
12:13					Prob 5	J.Suñé