



Université de Sherbrooke
Faculté des sciences et
Faculté des sciences appliquées
Département de physique

PLAN DE COURS

(Hiver 2015)

DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES ET OPTOÉLECTRONIQUES

PHQ-556

COURS	
Titre :	Dispositifs électroniques et optoélectroniques
Sigle :	PHQ-556
Crédits :	3
Cours magistraux, séances d'exercices :	4 heures/sem.
Travail personnel :	5 heures/sem.
Session :	5

PROFESSEUR
Nom :
Bureau :
Horaire de disponibilité :

PLACE DU COURS DANS LE PROGRAMME	
Type de cours :	obligatoire
Cours préalables :	PHQ-260, PHQ-330, PHQ-440
Cours concomitants :	PHQ-585

MISE EN CONTEXTE DU COURS

L'invention du transistor a marqué le début de l'électronique moderne: la microélectronique. Cette découverte et l'amélioration des techniques de fabrication et de croissance des semiconducteurs ont permis la miniaturisation des dispositifs et l'intégration à grande échelle de ces composants. Les dispositifs et circuits électroniques à semiconducteurs ont révolutionné le domaine du calcul scientifique en plus de contribuer au raffinement des appareils et instruments de mesures utilisés en physique expérimentale. D'autre part, l'exploitation des interactions entre les ondes électromagnétiques et les électrons de la matière a mené au développement d'une grande variété de dispositifs optoélectroniques, allant de la photodiode à la diode laser. Ces dispositifs optoélectroniques trouvent de nombreuses applications dans les secteurs des technologies de l'information, de l'énergie, et du biomédical. Les dispositifs micro- et optoélectroniques modernes sont intégrés aux technologies que nous utilisons tous les jours. De nombreux physiciens travaillent à l'amélioration des caractéristiques de ces dispositifs ou encore cherchent à développer des dispositifs pouvant réaliser de nouvelles fonctions.

La physique statistique constitue la base des modèles théoriques décrivant le fonctionnement des dispositifs électroniques et optoélectroniques. De plus, des connaissances en mécanique quantique sont maintenant devenues essentielles à la compréhension des dispositifs de très petites tailles. Pour faire face aux défis liés à la mise au point d'applications innovatrices ou d'expériences originales en physique expérimentale, ou encore au développement de dispositifs novateurs, il est important que les étudiants se familiarisent aux dispositifs électroniques et optoélectroniques de pointe et en comprennent leur fonctionnement.

OBJECTIF GÉNÉRAL

Ce cours vise à donner aux étudiants les connaissances nécessaires à la compréhension des composants électroniques et optoélectroniques modernes.

CONTENU

Bandes d'énergies des semiconducteurs, transport électronique (diffusion-dérive), génération et recombinaison des porteurs en excès, physique des jonctions, dispositifs électroniques (diodes, transistors), optoélectroniques (photodiode, photopile, photoconducteur, laser), micro-ondes (détecteur RF, coupleur, circulateur, oscillateur, mixeur), et dispositifs supraconducteurs (effet Josephson et SQUID).

OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

À la fin du cours, pour atteindre les objectifs, l'étudiant devra être capable de:

- expliquer l'origine des bandes d'énergie dans les semiconducteurs;
- dériver l'expression de la concentration des porteurs à l'équilibre thermodynamique;
- calculer la position du niveau de Fermi dans un semiconducteur extrinsèque;
- décrire les processus de diffusion et de dérive des porteurs;
- définir mobilité, conductivité, vitesse de dérive et résistivité d'un semiconducteur et décrire l'effet de la température et du dopage sur la mobilité des porteurs;
- décrire les processus usuels de recombinaison et de génération des porteurs et expliquer comment on peut déterminer le temps de vie des porteurs en excès et la longueur de diffusion de ces porteurs;

- déterminer l'évolution temporelle et spatiale d'une distribution de porteurs en excès; trouver la position des quasi-niveaux de Fermi des trous et des électrons;
- décrire les différents termes de l'équation de transport hors de l'équilibre (équation d'évolution).
- décrire les termes suivants: potentiel de contact, états de surface et zone de dépeuplement (ou zone de charges d'espace). Calculer le potentiel de contact d'une jonction p-n
- dessiner la structure de bandes d'énergie d'une jonction p-n, d'une jonction métal semiconducteur et d'une hétérojonction en fonction du gap, des niveaux de dopage et/ou du travail d'extraction des matériaux.
- dériver l'expression de la caractéristique courant-tension d'une diode. Expliquer le phénomène de claquage en polarisation inverse.
- expliquer le principe de fonctionnement de différents types de diodes: redresseur, diode de commutation, diode Zener, diode tunnel et diode à effet Gunn.
- expliquer le principe de fonctionnement de différents types de transistor: MOSFET, HBT, HEMT, SET.
- expliquer ce qui limite le rendement en haute fréquence des diodes et des transistors.
- décrire la structure et expliquer le principe de fonctionnement de différents types de dispositif optoélectronique: photodiode, photoconducteur, photopile, diode électroluminescente et diode laser.
- décrire le rôle des divers dispositifs micro-ondes de base: détecteur et amplificateur de signaux RF, ligne à transmission, isolateur, circulateur, oscillateur, et mixeur. Expliquer le principe de détection homodyne.
- expliquer l'effet Josephson et le principe de fonctionnement de dispositifs à interférence quantique dans les supraconducteurs (SQUID).

MÉTHODE PÉDAGOGIQUE

Trois heures de cours magistraux et une heure d'exercices dirigés par semaine. Lors des séances d'exercices le professeur aide les étudiants à poser correctement le problème et résume la méthodologie à suivre pour résoudre des problèmes concrets de physique des composants électroniques et optoélectroniques. Certaines séances seront consacrées à la description de dispositifs spécifiques.

ÉVALUATION

1. Méthodes d'évaluation :

- 5 devoirs;
- examen intra
- examen final

2. Pondération :

- 30% pour les devoirs;
- 25% pour l'intra
- 45% pour l'examen final;

3. Calendrier des activités d'évaluation:

XX janvier :	Remise Devoir No. 1
XX janvier :	Remise Devoir No. 2
XX février	Remise Devoir No. 3
Examen Intra :	Période allant du XX au XX mars
XX mars :	Remise Devoir No. 4
XX avril :	Remise Devoir No. 5
Examen final:	Période allant du XX au XX avril 2014

Note: les dates indiquées sur ce calendrier sont sujettes à changement. Toute modification sera annoncée en classe.

CONTENU DÉTAILLÉ

Nombre d'heures	Sujet
3	Bandes d'énergies des semiconducteurs, distribution de Fermi-Dirac, niveau de Fermi.
6	Transport électronique. Équations de diffusion et dérive. Porteurs en excès: génération – recombinaison. Quasi-niveaux de Fermi.
6	Jonction p-n, jonction métal-semiconducteur, hétérojonctions.
6	Diodes: P-N, tunnel, Gunn
6	Transistors: à effet de champ (MOSFET), à hétérojonction (HBT), à haute mobilité (HEMT), à électrons uniques (SET)
6	Dispositifs optoélectroniques: photodiode, photoconducteur, diode électroluminescente, diode laser à puits quantique
6	Dispositifs micro-ondes: diodes et transistors RF, oscillateur, coupleur, circulateur, mixeur, et techniques de détection.
6	Dispositifs supraconducteurs. Effet Josephson, dispositif à interférence quantique (SQUID)

Total: 45 heures

BIBLIOGRAPHIE

B.G. Streetman, *Solid State Electronic Devices*, 5th Edition, Prentice-Hall 2000

H. Mathieu, *Physique des semiconducteurs et des composants électroniques*, 6th Edition, Dunod 2009

D. M. Pozar, *Microwave engineering*, 4th Edition, Wiley 2012

Fiche signalétique

PHQ-556 :

3 crédits

Dispositifs électroniques et optoélectroniques (0-5-4)

Objectif: Le cours PHQ-556 vise à donner aux étudiants les connaissances nécessaires à la compréhension des composants électroniques et optoélectroniques modernes.

Contenu: Bandes d'énergies dans les semiconducteurs, équations de diffusion et de dérive, génération et recombinaison des porteurs en excès, physique des jonctions, dispositifs électroniques (diodes, transistors), optoélectroniques (photodiode, photopile, photoconducteur, laser), micro-ondes (ligne à transmission, coupleur, mixeur, circulateur), effet Josephson et dispositifs supraconducteurs (SQUID).

Cours préalables : PHQ-260, PHQ-330, PHQ-440

Cours concomitant : PHQ-585