



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



HARMONISATION OFFRE DE FORMATION MASTER ACADEMIQUE

2016 - 2017

Domaine	Filière	Spécialité
<i>Sciences et Technologies</i>	<i>Electronique</i>	<i>Microélectronique</i>



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

اللجنة البيداغوجية الوطنية لميدان العلوم و التكنولوجيا

Comité Pédagogique National du domaine Sciences et Technologies



مواعمة

عرض تكوين
ماستر أكاديمي

2017-2016

التخصص	الفرع	الميدان
ميكرو إلكترونيك	الالكترونيك	علوم و تكنولوجيا

I – Fiche d'identité du Master

Conditions d'accès

(Indiquer les spécialités de licence qui peuvent donner accès au Master)

Filière	Master harmonisé	Licences ouvrant accès au master	Classement selon la compatibilité de la licence	Coefficient affecté à la licence
Electronique	Microélectronique	Electronique	1	1.00
		Physique des matériaux (Domaine SM)	2	0.80
		Chimie Matériaux (Domaine SM)	3	0.70
		Télécommunications	3	0.70
		Génie biomédical	3	0.70
		Autres licences du domaine ST	5	0.60
		Autres licences du domaine ST	5	0.60

**II - Fiches d'organisation semestrielles des enseignements
de la spécialité**

Semestre 1

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Physique des composants semiconducteurs 1	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Couches minces	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.1.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Procédés d'élaboration des dispositifs semiconducteurs	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Conception des circuits intégrés analogiques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.1 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Physique des composants semiconducteurs 1	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Conception des CI intégrés analogiques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP propriétés optiques des SC	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Programmation orienté objet en C++	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.1 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix 1	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix 2	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.1 Crédits : 1 Coefficients : 1	Anglais technique et terminologie	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 1		30	17	13h30	6h00	5h30	375h00	375h00		

Semestre 2

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Physique des composants semiconducteurs 2	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Outils de simulation	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.2.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Techniques de caractérisation des dispositifs semiconducteurs	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Dispositifs photovoltaïques	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.2 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Physique des composants SC 2	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Outils de simulation	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Caractérisation des SC/ TP Dispositifs photovoltaïques	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Conception des circuits intégrés analogiques MOS	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.2 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix 3	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix 4	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.2 Crédits : 1 Coefficients : 1	Ethique, déontologie et propriété intellectuelle	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 2		30	17	13h30	6h00	5h30	375h00	375h00		

Semestre 3

Unité d'enseignement	Matières	Crédits	Coefficient	Volume horaire hebdomadaire			Volume Horaire Semestriel (15 semaines)	Travail Complémentaire en Consultation (15 semaines)	Mode d'évaluation	
	Intitulé			Cours	TD	TP			Contrôle Continu	Examen
UE Fondamentale Code : UEF 1.3.1 Crédits : 10 Coefficients : 5	Physique des composants semiconducteurs 3	6	3	3h00	1h30		67h30	82h30	40%	60%
	Conception des CI analogiques numériques CMOS	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Fondamentale Code : UEF 1.3.2 Crédits : 8 Coefficients : 4	Matériaux pour l'électronique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
	Optoélectronique	4	2	1h30	1h30		45h00	55h00	40%	60%
UE Méthodologique Code : UEM 1.3 Crédits : 9 Coefficients : 5	TP Hétérostructures à semiconducteurs	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Conception des CI analogiques numériques CMOS	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	TP Optoélectronique	2	1			1h30	22h30	27h30	100%	
	Simulation des composants SC	3	2	1h30		1h00	37h30	37h30	40%	60%
UE Découverte Code : UED 1.3 Crédits : 2 Coefficients : 2	Matière au choix 5	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
	Matière au choix 6	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
UE Transversale Code : UET 1.3 Crédits : 1 Coefficients : 1	Recherche documentaire et conception de mémoire	1	1	1h30			22h30	02h30		100%
Total semestre 3		30	17	13h30	6h00	5h30	375h00	375h00		

Orientations générales sur le choix des matières transversales et de découverte :

Six matières (de découverte) dans le Référentiel des Matières du Master "Microélectronique" (Tableau ci-dessus) sont laissées au libre choix des établissements qui peuvent choisir indifféremment leurs matières parmi la liste présentée ci-dessous en fonction de leurs priorités.

A titre d'exemple, une proposition du CPND pour le choix des matières est fournie ci-dessous avec les programmes détaillés pour les semestres 1 & 2.

Matières proposées par le CPND pour le semestre 1 : (avec programmes détaillés)

- Choix 1 : Technologie du vide et Salle blanche (Découverte)
- Choix 2 : Biomatériaux (Découverte)

Matières proposées par le CPND pour le semestre 2 : (avec programmes détaillés)

- Choix 3 : Gestion des déchets électroniques (Découverte)
- Choix 4 : Introduction aux nanotechnologies (Découverte)
- Choix : Les matériaux (Découverte)
- Choix : Les matériaux intelligents (Découverte)
- Choix : Appareillages et Techniques de caractérisation (Découverte)

Autres matières laissées au libre choix des établissements (programmes ouverts après validation du CPND)

- Industrie de la microélectronique (Découverte)
- Matériaux pour la nanoélectronique et la photonique (Découverte)
- Couches minces et cristaux photoniques (Découverte)
- Capteurs intégrés et MEMS (Découverte)
- ...

Semestre 4

Stage en entreprise sanctionné par un mémoire et une soutenance.

	VHS	Coeff	Crédits
Travail Personnel	550	09	18
Stage en entreprise	100	04	06
Séminaires	50	02	03
Autre (Encadrement)	50	02	03
Total Semestre 4	750	17	30

Ce tableau est donné à titre indicatif

Evaluation du Projet de Fin de Cycle de Master

- Valeur scientifique (Appréciation du jury) /6
- Rédaction du Mémoire (Appréciation du jury) /4
- Présentation et réponse aux questions (Appréciation du jury) /4
- Appréciation de l'encadreur /3
- Présentation du rapport de stage (Appréciation du jury) /3

III - Programme détaillé par matière du semestre S1

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.1

Matière 1: Physique des composants semiconducteurs 1

VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Connaître les phénomènes physiques se manifestant dans les matériaux semiconducteurs qui sont utilisés pour réaliser les composants de la microélectronique. Comprendre le principe de fonctionnement des composants électroniques de base : jonction PN, diode Schottky, JFET.

Connaissances préalables recommandées:

Physique et chimie de base

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Notions de cristallographie (1 Semaines)

Systèmes cristallins, Mailles élémentaires, Plans réticulaires, Indices de Miller, Système cubique

Chapitre 2. Théorie des bandes d'énergie d'un semiconducteur (3 Semaines)

L'électron dans un cristal

Modèle de Sommerfeld, Bandes d'énergie (approche intuitive), Calcul des bandes d'énergie, Distinction métal-isolant-Semiconducteur, Notion de trou, Masse effective de l'électron dans un cristal, Densité d'états dans les bandes permises).

Semiconducteurs intrinsèques

Semiconducteurs extrinsèques

Ionisation des impuretés, Equilibre électrons-trous, Calcul de la position du niveau de Fermi, Semiconducteurs dégénérés

Alignement des niveaux de Fermi

Chapitre 3. Théorie de la conductivité électrique et équations de transport (3 Semaines)

Dérive des électrons dans un champ électrique

Mobilité

Courant de dérive (Effet Hall)

Courant de diffusion

Equations de dérive-diffusion (Relations d'Einstein)

Equations de transport

Quasi-niveaux de Fermi

Chapitre 4. Phénomène de Génération et de recombinaison (3 Semaines)

Introduction

Transitions directes et indirectes

Centres de génération-recombinaison

Durée de vie des porteurs excédentaires

Recombinaison SRH

Recombinaison en surface

Chapitre 5. La jonction PN (2 Semaines)

Introduction

Jonction PN à l'équilibre

Jonction PN polarisée

Calcul du courant : diode idéale (courant de diffusion), courant de génération / recombinaison, Claquage de la jonction)

Capacité de la jonction PN : Capacité de transition, Capacité de diffusion

Modèle de la jonction PN : Modèle "grands signaux" à basse fréquence, Modèle " petits signaux" à basse fréquence, Modèle "petits signaux" à haute fréquence

Chapitre 6. La diode Schottky**(2 Semaines)**

Diagrammes de bandes
Extension de la zone de déplétion
Variation de la barrière de potentiel avec la tension appliquée
Mécanismes de conduction
Influence des états d'interface
Comparaison avec la diode à jonction PN

Chapitre 7. Le JFET**(1 Semaines)****Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. *J.P. Collinge Physique des dispositifs semiconducteurs, De Boeck Université, 1998*
2. *H. Mathieu, Physique des semiconducteurs et des composants électroniques, 6^e édition, Cours et exercices corrigés, Dunod 2009*
3. *P. Leturcq, Physique des composants actifs à semiconducteurs, Dunod 1978*
4. *H. Ngô, Introduction à la physique des semiconducteurs. Cours et exercices corrigés, Dunod*
5. *S.M. Sze, Physics of semiconductor devices, John Wiley*
6. *A. Vapaille, Physique des dispositifs à semiconducteurs, Masson 1970*
7. *B. Sapoval, Physique des semiconducteurs, Ellipses.*
8. *J. Singh, Semiconductors devices: an introduction, Mc Graw Hill, 1994*
9. *D. A. Neaman, Semiconductor physics and device: basic principle, Mc Graw Hill, 2003*
10. *A. Vapaille, Dispositifs et circuits intégrés semiconducteurs, Dunod, 1987.*
11. *M. Mebarki, Physique des semiconducteurs OPU, Alger, 1993.*
12. *C. Ngô et H. Ngô, Physique des semi-conducteurs, 4^e édition, Dunod.*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.1
Matière 2: Couches minces
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Apprendre à l'étudiant l'essentiel sur la fabrication des couches minces, leurs propriétés ainsi que les méthodes développées pour leur caractérisation.

Connaissances préalables recommandées:

Notions de physique et de chimie

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Notions sur la physique des couches minces	(3 Semaine)
Définition d'une couche mince, mode de croissance des couches minces, paramètres contrôlant la croissance des couches minces, effets influençant la pureté d'une couche mince, ...	
Chapitre 2. Techniques de dépôts physiques	(3 Semaines)
Pulvérisation, évaporation, ...	
Chapitre 3. Techniques de dépôts chimiques	(3 Semaines)
CVD, épitaxie en phase liquide, PECVD, ...	
Chapitre 4. Caractérisation des couches minces	(3 Semaines)
Chapitre 5. Propriétés électriques des couches minces	(3 Semaines)

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. Emmanuel Defay, *Intégration des couches minces ferroélectriques et piézoélectriques*, Editions Wiley, 2011
2. Kurt Randerath, *Chromatographie sur couches minces*
3. A. Richardt, A.M.Durand, *Les couches minces, les couches dures*, édition In Fine 1994
4. A. Cornet, *Physique et ingénierie de surfaces*, EDP Sciences 1998

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEF 1.1.2

Matière 3: Procédés d'élaboration des dispositifs semiconducteurs

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Aborder l'ensemble des étapes technologiques en détaillant pour chacune d'elles les mécanismes physico-chimiques mis en jeu, les précautions qu'elles nécessitent et les contraintes éventuellement qu'elles imposent vis-à-vis des autres étapes.

Connaissances préalables recommandées:

Notions générales sur les semiconducteurs.

Contenu de la matière:

- Historique et Généralités sur les semiconducteurs (Couches minces, technologie planaire, caissons d'isolement ...).
- Du sable à la plaquette de silicium.
- Le tirage et la croissance des semiconducteurs.
- Techniques de nettoyage.
- Oxydation par voie humide et sèche.
- Dépôt de matériau: épitaxie, pulvérisation cathodique, dépôt chimique en phase vapeur.
- Dopage: diffusion, implantation ionique.
- Photolithographie.
- Gravure chimique, gravure physique, polissage mécano-chimique.
- Métallisation, passivation.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. R. Levy, Microelectronic Materials and Processes.
2. C. Grovenor, Microelectronic materials.
3. G. Rebeiz, RF MEMS, theory, Design, and Technologies, Wiley.
4. Mohamed Gad-el-Hak, MEMS Introduction and Fundamentals. The MEMS Handbook, 2nd Ed.
5. J. Ramsden, Nanotechnology, an introduction, Elsevier.

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEF 1.1.2
Matière 4: Conception des circuits intégrés analogiques
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Maîtriser le Design Flow de la conception des circuits intégrés analogiques

Connaissances préalables recommandées:

Electronique fondamentale, Technologie des composants électroniques

Contenu de la matière:

Généralités : Historique, Vue générale

Structure et modélisation des composants intégrés (passifs et actifs) : Caractéristiques, Modèles, Equations, Fabrication, Layout

Le transistor ; La diode ; Le thyristor ; Le transistor à effet de champ ; Résistance, Condensateur

Circuits de base :

Étages amplificateurs (amplificateur à un étage, étage différentiel)

Miroirs de courant statiques et dynamiques

Amplificateurs opérationnels intégrés (à deux étages de gain et cascode)

Bruit dans les composants

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. *D.A. Johns, Analog Integrated Circuit Design, Wiley, 1997*
2. *T.C. Carusone, Analog Integrated Circuit Design*
3. *P.R. Gray, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, Wiley, 2001*
4. *B. Razavi, Design of Analog Integrated Circuits, McGraw Hill, 2001*

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 1: TP Physique des composants semiconducteurs 1
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

En fonction de la disponibilité des équipements pédagogiques matériels (salle blanche, produits chimiques, ...) et des équipements virtuels (logiciels dédiés à la microélectronique), les équipes de formation sont autorisées à arrêter pour leur propre compte un certain nombre de séances de Travaux Pratiques (entre 4 et 6 TP) relatives à cette matière.

Toutefois, il est fortement demandé à ces équipes d'envoyer au CPND-ST la liste des TP à réaliser pour validation.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 2: TP Conception des CI intégrés analogiques
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

En fonction de la disponibilité des équipements pédagogiques matériels (salle blanche, produits chimiques, ...) et des équipements virtuels (logiciels dédiés à la microélectronique), les équipes de formation sont autorisées à arrêter pour leur propre compte un certain nombre de séances de Travaux Pratiques (entre 4 et 6 TP) relatives à cette matière.

Toutefois, il est fortement demandé à ces équipes d'envoyer au CPND-ST la liste des TP à réaliser pour validation.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100 %

Références bibliographiques:

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UEM 1.1
Matière 3: TP propriétés optiques des SC
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

En fonction de la disponibilité des équipements pédagogiques matériels (salle blanche, produits chimiques, ...) et des équipements virtuels (logiciels dédiés à la microélectronique), les équipes de formation sont autorisées à arrêter pour leur propre compte un certain nombre de séances de Travaux Pratiques (entre 4 et 6 TP) relatives à cette matière.

Toutefois, il est fortement demandé à ces équipes d'envoyer au CPND-ST la liste des TP à réaliser pour validation.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques:

Semestre: 1

Unité d'enseignement: UEM 1.1

Matière 4: Programmation orienté objet en C++

VHS: 37h30 (Cours : 1h30, TP: 1h00)

Crédits: 3

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement :

Apprendre à l'étudiant les fondements de base de la programmation orientée objets ainsi que la maîtrise des techniques de conception des programmes avancés en langage C++.

Connaissances préalables recommandées :

Programmation en langage C.

Contenu de la matière :

Chapitre 1. Introduction à la programmation orientée objets (POO) (2 semaines)

Principe de la POO, Définition et Mise en route de langage C++, Le noyau C du langage C++.

Chapitre 2. Notions de base (2 semaines)

Les structures de contrôle, Les fonctions, Les tableaux, La récursivité, Les fichiers, Pointeurs, Pointeurs et références, Pointeurs et tableaux, L'allocation dynamique.

Chapitre 3. Classes et objets (3 semaines)

Déclaration de classe, Variables et méthodes d'instance, Définition des méthodes, Droits d'accès et encapsulation, Séparations prototypes et définitions, Constructeur et destructeur, Les méthodes constantes, Association des classes entre elles, Classes et pointeurs.

Chapitre 4. Héritage et polymorphisme (3 semaines)

Héritage, Règles d'héritage, Chaînage des constructeurs, Classes de base, Préprocesseur et directives de compilation, Polymorphisme, Règles à suivre, Méthodes et classes abstraites, Interfaces, Traitements uniformes, Tableaux dynamiques, Chaînage des méthodes, Implémentation des méthodes virtuelles, Classes imbriquées.

Chapitre 5. Les conteneurs, itérateurs et foncteurs (3 semaines)

Les séquences et leurs adaptateurs, Les tables associatives, Choix du bon conteneur, Itérateurs : des pointeurs boostés, La pleine puissance des *list* et *map*, Foncteur : la version objet des fonctions, Fusion des deux concepts.

Chapitre 6. Notions avancées (2 semaines)

La gestion des exceptions, Les exceptions standard, Les assertions, Les fonctions templates, La spécialisation, Les classes templates.

TP Programmation orientée objet en C++

TP1 : Maîtrise d'un compilateur C++

TP2 : Programmation C++

TP3 : Classes et objets

TP4 : Héritage et polymorphisme

TP5 : Gestion mémoire

TP6 : Templates

Mode d'évaluation :

Contrôle continu : 40% ; Examen : 60%.

Références bibliographiques:

1. *Bjarne Stroustrup (auteur du C++), Le langage C++, Pearson.*
2. *Claude Delannoy, Programmer en langage C++, 2000.*
3. *Bjarne Stroustrup, Le Langage C++, Édition (2000) ou Pearson Education France (2007).*
4. *P.N. Lapointe, Pont entre C et C++ (2ème Édition), Vuibert, Edition 2001*

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière : Matière 1 au choix

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 1

Unité d'enseignement : UED 1.1

Matière : Matière 2 au choix

VHS : 22h30 (Cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 1
Unité d'enseignement : UET 1.1
Matière : Anglais technique et terminologie
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédits : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Initier l'étudiant au vocabulaire technique. Renforcer ses connaissances de la langue. L'aider à comprendre et à synthétiser un document technique. Lui permettre de comprendre une conversation en anglais tenue dans un cadre scientifique.

Connaissances préalables recommandées:

Vocabulaire et grammaire de base en anglais

Contenu de la matière:

- Compréhension écrite : Lecture et analyse de textes relatifs à la spécialité.
- Compréhension orale : A partir de documents vidéo authentiques de vulgarisation scientifiques, prise de notes, résumé et présentation du document.
- Expression orale : Exposé d'un sujet scientifique ou technique, élaboration et échange de messages oraux (idées et données), Communication téléphonique, Expression gestuelle.
- Expression écrite : Extraction des idées d'un document scientifique, Ecriture d'un message scientifique, Echange d'information par écrit, rédaction de CV, lettres de demandes de stages ou d'emplois.

Recommandation : Il est vivement recommandé au responsable de la matière de présenter et expliquer à la fin de chaque séance (au plus) une dizaine de mots techniques de la spécialité dans les trois langues (si possible) anglais, français et arabe.

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques :

- P.T. Danison, *Guide pratique pour rédiger en anglais: usages et règles, conseils pratiques, Editions d'Organisation 2007*
- A. Chamberlain, R. Steele, *Guide pratique de la communication: anglais, Didier 1992*
- R. Ernst, *Dictionnaire des techniques et sciences appliquées: français-anglais, Dunod 2002.*
- J. Comfort, S. Hick, and A. Savage, *Basic Technical English, Oxford University Press, 1980*
- E. H. Glendinning and N. Glendinning, *Oxford English for Electrical and Mechanical Engineering, Oxford University Press 1995*
- T. N. Huckin, and A. L. Olsen, *Technical writing and professional communication for nonnative speakers of English, Mc Graw-Hill 1991*
- J. Orasanu, *Reading Comprehension from Research to Practice, Erlbaum Associates 1986*

Proposition de quelques matières de découverte

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UED 1.1
Matière 1: Technologie du vide et Salle blanche
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Familiarisation avec les exigences d'une salle blanche : accès, équipements, produits chimiques, ...

Connaissances préalables recommandées:

Aucune

Contenu de la matière:

- Techniques du vide : terminologie du vide, pompes à vide, Jauge à vide, enceintes à vide,...
- Généralités sur la conception de salle blanche
- Types de salle blanche et normes internationales
- Filtration de l'air
- Techniques d'ultrapurification des salles blanches
- Production d'eau désionisée
- Règles d'accès à une salle blanche
- Règles d'utilisation des produits chimiques dangereux (Acides, bases, solvants,...)
- Présentation générale des équipements de la salle blanche
- Procédés Technologiques : procédé de nettoyage standard, oxydation, étalement de la résine, photolithographie, ...

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques:

Semestre: 1
Unité d'enseignement: UED 1.1
Matière 2: Biomatériaux
VHS: 22h30 (Cours: 1h30)
Crédits: 1
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Compréhension des concepts de biocompatibilité et de bio fonctionnalité des matériaux.

Connaissances préalables recommandées:

Cours de base de physique

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Classes de matériaux utilisés en médecine

Chapitre 2. Tissus et cellules biologiques

Chapitre 3. Réactions de l'hôte aux biomatériaux et leur évaluation.

Chapitre 4. Essais biologiques des biomatériaux

Mode d'évaluation:

Examen: 100%.

Références bibliographiques:

IV - Programme détaillé par matière du semestre S2

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEF 1.2.1

Matière 1: Physique des composants semiconducteurs 2

VHS: 67h30 (Cours: 3h00, TD: 1h30)

Crédits: 6

Coefficient: 3

Objectifs de l'enseignement:

Connaître les phénomènes physiques se manifestant dans les matériaux semiconducteurs qui sont utilisés pour réaliser les composants de la microélectronique. Comprendre le principe de fonctionnement des composants électroniques de base : transistors bipolaires, structure MIS, transistor MESFET, MOSFET et les composants optoélectroniques.

Connaissances préalables recommandées:

Physique des composants semiconducteurs 1

Contenu de la matière:

1. Chapitre 1. Transistors bipolaires

(3 Semaines)

- 1.1. Effet transistor
- 1.2. Equations d'Ebers-Moll
 - 1.2.1. Courants de porteurs minoritaires dans l'émetteur et le collecteur
 - 1.2.2. Courant de porteurs minoritaires dans la base
 - 1.2.3. Courants d'émetteur et de collecteur
- 1.3. Différents types de profil de dopage
 - 1.3.1. Transistor à dopages homogènes
 - 1.3.2. Transistor drift
- 1.4. Effet Early
- 1.5. Modèle dynamique et étages à transistor
 - 1.5.1. Modèle dynamique
 - 1.5.2. Montage base commune
 - 1.5.3. Montage émetteur commun
 - 1.5.4. Montage collecteur commun
- 1.6. Sources de bruit dans un transistor
 - 1.6.1. Bruit de grenaille d'une diode
 - 1.6.2. Bruit de grenaille du bipolaire

Chapitre 2. Structure Metal-Isolant Semiconducteur (MIS)

(3 Semaines)

- 2.1. Diagramme énergétique
 - 2.1.1. Structure métal-vide-semiconducteur
 - 2.1.2. Structure Métal-Isolant-Semiconducteur – MIS
- 2.2. Potentiels de contact
- 2.3. Le modèle électrique de base
 - 2.3.1. Description phénoménologique
 - 2.3.2. Modèle électrique
- 2.4. Le régime de forte inversion
- 2.5. Le régime de faible inversion

Chapitre 3. Hétérojonctions et transistor à hétérojonction

(2 Semaines)

- 3.1. Diagramme de bandes d'énergie
 - 3.1.1. Diagramme énergétique loin de la jonction
 - 3.1.2. Etats d'interface
 - 3.1.3. Diagramme énergétique au voisinage de la jonction
- 3.2. Hétérojonction à l'équilibre thermodynamique

- 3.3. Hétérojonction polarisée
 - 3.3.1. Modèle d'émission thermoélectronique
 - 3.3.2. Modèle de diffusion
 - 3.3.3. Courant tunnel -courant de recombinaison
- 3.4. Transistor à hétérojonction – HBT
 - 3.4.1. Principe de fonctionnement
 - 3.4.2. Courants d'émetteur et de collecteur

Chapitre 4. Transistor MESFET

(2 Semaines)

- 4.1. Transistor à effet de champ à barrière de Schottky MESFET
 - 4.1.1. Structure et spécificité
 - 4.1.2. Courant de drain
 - 4.1.3. Tension de saturation - Courant de saturation
 - 4.1.4. Transconductance
 - 4.1.5. Fréquence de coupure du transistor
- 4.2. Transistor MESFET-GaAs
 - 4.2.1. Régime linéaire
 - 4.2.2. Régime sous-linéaire
 - 4.2.3. Régime de saturation

Chapitre 5. Transistor MOSFET

(3 Semaines)

- 5.1. Principe de base et historique
- 5.2. Modification de la structure MOS
- 5.3. Le modèle canal long
 - 5.3.1. Le régime de forte inversion
 - 5.3.2. Le régime de faible inversion
 - 5.3.3. La mobilité effective et ses effets
 - 5.3.4. Le MOS canal p
- 5.4. Le modèle canal court
 - 5.4.1. Effet de diminution de la longueur de canal
 - 5.4.2. Effet de saturation de la vitesse
 - 5.4.3. Effet de diminution du seuil effectif
 - 5.4.4. Traitement analytique du canal court
- 5.5. Le fonctionnement dynamique du MOS
 - 5.5.1. Régime quasi-statique
 - 5.5.2. Régime dynamique
- 5.6. Les modèles du transistor MOSFET
 - 5.6.1. Rappels du modèle statique
 - 5.6.2. Modèles petits signaux : généralités
 - 5.6.3. Le MOS interne en basse fréquence
 - 5.6.4. Le MOS interne à fréquence moyenne
 - 5.6.5. Le modèle du MOS complet aux fréquences moyennes
 - 5.6.6. Un résumé du modèle du MOS
- 5.7. Le bruit du transistor MOS
 - 5.7.1. Le bruit thermique du canal en forte inversion
 - 5.7.2. Le bruit thermique du canal en faible inversion
 - 5.7.3. Les autres sources de bruit
- 5.8. Applications du MOSFET
 - 5.8.1. Amplification
 - 5.8.2. Porte logique : cas de l'inverseur

Chapitre 6. Composants optoélectroniques

(2 Semaines)

- 6.1. Interaction rayonnement – semiconducteur
- 6.2. Photodétecteurs
- 6.3. Emetteurs de rayonnement à semiconducteur
- 6.4. Applications des composants optroniques

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

13. J.P. Collinge *Physique des dispositifs semiconducteurs*, De Boeck Université, 1998
14. H. Mathieu, *Physique des semiconducteurs et des composants électroniques*, 6^e édition, *Cours et exercices corrigés*, Dunod 2009
15. P. Leturcq, *Physique des composants actifs à semiconducteurs*, Dunod 1978
16. H. Ngô, *Introduction à la physique des semiconducteurs. Cours et exercices corrigés*, Dunod
17. S.M. Sze, *Physics of semiconductor devices*, John Wiley
18. A. Vapaille, *Physique des dispositifs à semiconducteurs*, Masson 1970
19. B. Sapoval, *Physique des semiconducteurs*, Ellipses.
20. J. Singh, *Semiconductors devices: an introduction*, Mc Graw Hill, 1994
21. D. A. Neaman, *Semiconductor physics and device: basic principle*, Mc Graw Hill, 2003
22. A. Vapaille, *Dispositifs et circuits intégrés semiconducteurs*, Dunod, 1987.
23. M. Mebarki, *Physique des semiconducteurs OPU, Alger*, 1993.
24. C. Ngô et H. Ngô, *Physique des semi-conducteurs*, 4^e édition, Dunod.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.1
Matière 2: Outils de simulation
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Notions de programmation

Contenu de la matière:

1. Description d'un circuit analogique : topologie, spécification de sources indépendantes, spécification de composants passifs linéaires, analyses, déclaration de bibliothèques
2. Spécification de formes d'ondes
3. Spécification de sources liées
4. Spécification d'éléments passifs non-linéaires
5. Spécification d'éléments passifs variables
6. Spécification d'une diode
7. Spécification de transistor : bipolaire et MOS
8. Instruction .model : Présentation des paramètres entrants dans le modèle d'une diode, d'un transistor bipolaire et d'un transistor MOS
9. Définition d'un sous-circuit
10. Spécification d'un AOP
11. Simulation d'un oscillateur (commande .IC)
12. Spécification de températures de simulation
13. Variables de sorties
14. Réponse fréquentielle et étude du bruit
15. Analyse transitoire et analyse de Fourier
16. Spécification d'options

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

- 1.

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEF 1.2.2

Matière 3 : Techniques de caractérisation des dispositifs semiconducteurs

VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)

Crédits: 4

Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Un aspect important dans l'évaluation de la qualité du matériau et de la fiabilité d'un composant électronique est le développement et l'utilisation de techniques de caractérisation rapides, non-destructives et précises afin de déterminer les paramètres essentiels. Pour ce faire, amener l'étudiant à comprendre le principe des techniques de caractérisation et leur intérêt dans le domaine des dispositifs à semiconducteurs. Déterminer la (ou les) méthode(s) de caractérisation à appliquer sur un échantillon semiconducteur afin d'en extraire les propriétés fondamentales souhaitées.

Connaissances préalables recommandées:

Les propriétés fondamentales des semiconducteurs et les phénomènes de transport ; couches minces, procédés technologiques de fabrication des dispositifs à semiconducteurs.

Contenu de la matière:

Chapitre 1: Introduction

Intérêt de l'étude des techniques de caractérisation, différents types de techniques et leur classification, leur rôle dans l'étude des dispositifs microélectroniques à semiconducteurs.

Chapitre 2 : Rappels sur les propriétés des semiconducteurs

La conductivité, la résistivité, la densité de porteurs, la mobilité des porteurs ; évolution de la mobilité avec la température du cristal.

Chapitre 3 : Contact Métal/Semiconducteur

Le contact ohmique et le contact Schottky. L'utilisation de ces deux types de contacts dans les dispositifs microélectroniques. Caractéristiques Courant-tension d'un contact ohmique et d'un contact Schottky.

Chapitre 4 : Techniques de mesure de la résistivité par la méthode des quatre pointes

Pointes alignées et équidistantes : cas d'un échantillon semi-infini (épais) et cas d'une couche très mince. Cas des pointes en carré.

Chapitre 5 : Techniques de mesure de la concentration des porteurs libres et de leur mobilité dans un semiconducteur par la mesure de l'effet Hall

Rappels sur la théorie de l'effet Hall, Les échantillons pour mesures d'effet Hall. Méthode de Van der Pauw : théorie de la méthode et mise en œuvre de cette méthode. Mesures sans champ magnétique et avec champ magnétique, mesure de la tension de Hall, moyens d'élimination des sources d'erreurs.

Chapitre 6 : Caractérisations C(V)

1. But de la caractérisation : détermination de la tension de bandes plates, estimation de la quantité de charges dans l'isolant et à l'interface Métal /SC, mesure de l'épaisseur de l'isolant.

2. Caractérisation par C-V métrie d'une structure MIS : Etude théorique de la structure MIS idéale, notion de tension de bandes plates, différence des travaux de sortie Métal/SC ; Structure MOS réelle, présence de charges dans l'oxyde et influence sur la tension de bandes

plates. Notions de base sur l'étude d'une structure capacitive, influence de la polarisation de grille sur l'interface Oxyde/SC : régimes d'accumulation, de déplétion et d'inversion.

3. Etude de la réponse $C(V)$ en statique, puis en dynamique (BF et HF) : extraction des paramètres fondamentaux à l'issue de la caractérisation.

Chapitre 7 : Techniques de mesures optiques

Photoconductivité, Photoluminescence.

Chapitre 8 : Techniques d'analyses surfaciques et spectroscopiques

Techniques structurales et surfaciques, Techniques spectroscopiques.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. A. Vapaille, R. Castagné, *Dispositifs et circuits intégrés semi-conducteurs*, Dunod, 1987.
2. A. Vapaille, *Méthodes de caractérisation*
3. C. et H. Ngô, *Introduction à la physique des semi-conducteurs*, Dunod, 1998.
4. Dieter K. Schroder, *Semiconductor material and device characterization*, 2nd edition, 1998.
5. R.A. Stradling and P.C. Klipstein, *Growth and characterization of semiconductors*, Adam Hilger, Bristol, 1991.
6. S. Kasap et P. Capper (Eds.), *Handbook of Electronic and Photonic Materials*, Springer, 2006.

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEF 1.2.2
Matière 4: Dispositifs Photovoltaïques
VHS: 45h00 (Cours: 1h30, TD: 1h30)
Crédits: 4
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Cette matière présente un cours qui explique les cellules solaires depuis la physique des semiconducteurs jusqu'au fonctionnement des modules photovoltaïques. Les différentes filières à base des semiconducteurs ordonnés et désordonnés utilisés dans les cellules solaires sont également traitées. Les aspects socio-économiques et environnementaux du photovoltaïque sont abordés.

Connaissances préalables recommandées:

Physique des semiconducteurs, interaction lumière-matière.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Energies renouvelables

(1 semaine)

Les différentes manifestations de l'énergie, C'est quoi une énergie renouvelable, Principales énergies renouvelables, la sécurité énergétique, La situation énergétique mondiale...
 L'énergie solaire (thermique, photovoltaïque, thermodynamique).

Chapitre 2. Notions de rayonnement solaire

(1 semaine)

Eléments de la photométrie, le soleil comme un corps noir, Grandeurs liées à l'éclairement solaire, durée d'insolation irradiation, rayonnement diffus, absorption par l'atmosphère, épaisseur d'atmosphère albédo, rayonnement global, constante solaire et répartition spectrale.

Chapitre 3. Physique de la cellule solaire photovoltaïque

(2 semaines)

Matériaux semiconducteurs à l'équilibre thermodynamique, Semiconducteurs hors équilibre, Jonction pn à l'équilibre, polarisée et sous éclairement, Caractéristiques I (V) des photodiodes à semiconducteurs, Réponses spectrales.

Chapitre 4. Paramètres électriques d'un dispositif photovoltaïque

(1 semaine)

Courant de court-circuit, Tension de circuit ouvert, Facteur de forme, Point de puissance max, Résistances série et parallèle, Rendement.

Chapitre 5. Matériaux, Filières et Procédés

(5 semaines)

Caractéristiques physiques et électriques des différentes filières (absorption optique, courant de court circuit, barrière de potentiel et tension de circuit ouvert, résistance série,...)
 Cellules solaires au silicium cristallin (matériau de base, croissance du lingot, sciage des plaquettes, tirage des rubans, technologie des cellules, modules, cellules à haut rendement)
 Cellules solaires au silicium amorphe (Introduction et historique, propriétés du silicium amorphe, méthodes de dépôt du a-Si:H, jonction PIN, module, applications)
 Cellules solaires en couches minces polycristallines (techniques de dépôt, filière CdTe, filière CIS)
 Cellules solaires haut rendement à base matériaux III-V
 Cellules solaires organiques, Cellules solaires tandem et triple ou multispectrale

Chapitre 6. Convertisseurs photovoltaïques

(2 semaines)

Conversion photon-électron, La cellule solaire idéale, Photodiode à semiconducteur, Module photovoltaïque, Champs de modules photovoltaïques, Systèmes photovoltaïques

Chapitre 7 Appareils de mesure

(1 semaine)

L'héliographe, Mesure des durées d'ensoleillement, Le spectro-radiomètre, Le pyranomètre, Le pyréliomètre, Les photopiles de référence

Chapitre 8. Aspects socioéconomiques et environnementaux (2 semaines)

Les applications de l'énergie photovoltaïque (pompage, connexion au réseau...), Caractéristiques techniques d'une installation au sol, Protections des modules photovoltaïques, Impacts des systèmes photovoltaïques sur l'environnement.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40% ; Examen: 60%.

Références bibliographiques:

1. H. Mathieu, *Physique des semiconducteurs et des composants électroniques, 6^e édition, Cours et exercices corrigés, Dunod 2009.*
2. A. Vapaille, *Dispositifs et circuits intégrés semiconducteurs, Dunod, 1987.*
3. M. Orgeret, *les piles solaires, Masson, 1985.*
4. S.M. Sze, *Physics of semiconductor devices, John Wiley.*
5. A. Ricaud, *Photopiles solaires, Presses polytechniques et universitaires romandes, 1997.*
6. E. Lorenzo, G. Araflio, *Solar Electricity - Engineering of Photovoltaic Systems.*
7. Minano, R. Zilles, *Stand alone photovoltaic Applications, JAMES & JAMES 1994.*
8. J. Manwell, J. Mc Gowan, A. Rogers, *Wind Energy Explained, Wiley 2001.*
9. B. Multon, *Production d'énergie électrique par sources renouvelables, Techniques de l'Ingénieur, Traités de Génie Electrique, D4005/6, mai 2003.*
10. J. Nelson, *The physics of solar cells, Imperial College Press.*
11. A. Labouret, P. Cumune, *Cellules solaires, 5e édition - Les bases de l'énergie photovoltaïque, Dunod, 2010*
12. A. Labouret, *Energie solaire photovoltaïque, 3ème édition, Dunod, 2006.*
13. Deambi, Suneel, *Photovoltaic System Design: Procedures, Tools and Applications, CRC Press, 2016.*
14. O. Isabella, K. Jäger, A. Smets, R. Van Swaaij, MiroZeman, *Solar Energy: The Physics and Engineering of Photovoltaic Conversion, Technologies and Systems, UIT Cambridge Ltd, 2016.*
15. Gottfried H. Bauer, *Lecture Notes in Physics 901, Photovoltaic Solar Energy Conversion, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.*
16. www.pveducation.org
17. <http://www.cythelia.fr/nos-documents/>
18. <http://www.solems.com/depots-de-couches-minces>

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 1: TP Physique des composants semiconducteurs 2
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Connaissances préalables recommandées:

Contenu de la matière:

En fonction de la disponibilité des logiciels de simulation (dédiés à la microélectronique), les équipes de formation sont autorisées à arrêter pour leur propre compte un certain nombre de séances de Travaux Pratiques (entre 4 et 6 TP) relatives à cette matière.

Toutefois, il est fortement demandé à ces équipes d'envoyer au CPND-ST la liste des TP à réaliser pour validation.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 2: TP Outils de simulation
VHS: 22h30 (TP: 1h30)
Crédits: 2
Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Consolider par la pratique les concepts théoriques appris en cours.

Connaissances préalables recommandées:

Notions de programmation.

Contenu de la matière:

*Est exposée ci-dessous une liste de TPs répondant aux objectifs de la matière. Les équipes de formation sont priées de réaliser au moins 4 TPs (voire plus, si cela est possible) en fonction de la disponibilité des logiciels. Par ailleurs, il est permis de rajouter ou remplacer quelques TPs de la liste jointe par d'autres TPs en relation avec la matière. **Précision** : Tout changement apporté à cette liste doit être signalé au CPND de manière à en faire profiter les autres établissements.*

TP1 : Simulation de circuits fondamentaux : étage suiveur – paire Darlington – source de courant – miroir de courant

TP2 : Simulation d'un amplificateur classe A

TP3 : Simulation d'un amplificateur classe B

TP4 : Simulation d'un amplificateur à entrées différentielles

TP5 : Simulation d'un amplificateur de puissance

TP6 : Simulation d'une porte NAND en technologie ECL

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques :

Semestre: 2

Unité d'enseignement: UEM 1.2

Matière 3: TP Caractérisation des dispositifs SC / TP Dispositifs Photovoltaïques

VHS: 22h30 (TP: 1h30)

Crédits: 2

Coefficient: 1

Objectifs de l'enseignement:

Acquérir des notions fondamentales et théoriques sur les différentes techniques de caractérisation électrique des matériaux semiconducteurs.

Au moyen de Travaux Pratiques mis en œuvre sous environnement technologique et électrique utilisant le TCAD (Technology Computer Aided Design)- Silvaco (ATHENA-ATLAS), l'étudiant simule et détermine les caractéristiques et les paramètres électriques des structures étudiées.

Connaissances préalables recommandées:

Propriétés électriques et physiques des composants semiconducteurs. Notions du contact métal /SC.

Contenu de la matière:

Sont exposées ci-dessous deux listes de TPs répondant aux objectifs de la matière. Les équipes de formation sont priées de choisir entre 2 et 4 TPs (voire plus, si cela est possible) de chaque liste en fonction de la disponibilité des équipements tant matériels que logiciels. Par ailleurs, il est permis de rajouter ou remplacer quelques TPs de la liste jointe par d'autres TPs en relation avec la matière.

Précision : *Tout changement apporté à ces listes doit être signalé au CPND de manière à en faire profiter les autres établissements.*

TP Caractérisation des dispositifs SC

TP1 : Caractérisation électrique I(V) du contact ohmique d'une structure à SC sous environnement TCAD -ATLAS.

TP2 : Caractérisation électrique de la méthode des quatre pointes d'une structure à SC sous environnement TCAD-ATLAS.

TP3 : Caractérisation électrique I(V) du contact Schottky d'une structure à SC sous environnement TCAD -ATLAS.

TP4 : Conception technologique de la capacité MIS au moyen du TCAD-ATHENA.

TP5 : Caractérisation C(V) de la structure MIS sous environnement TCAD-ATLAS (sous polarisation continue et alternative BF et HF).

TP6 : Conception technologique et caractérisation électrique du transistor MESFET par TCAD-(ATHENA-ATLAS) : Exemple d'application des contacts ohmique et Schottky.

TP Dispositifs Photovoltaïques

TP 0 : Simulation analytique avec PSPICE (diodes, BJT, MOS,...)

TP 1 : Simulation numérique avec PC-1D de cellules photovoltaïques, photodiode, phototransistor)

TP 2 : Simulation numérique avec AFORS-HET des hétérojonctions, surfacephotovoltage (ID-SPV, VD-SPV, WD-SPV), quasisteady-state photoconductance (QSSPC), impedance (IMP, ADM, C-V, C-T, C-f) et photo-electro-luminescence (PEL)

TP 3 : Caractérisation cellule solaire

TP 4 : Optimisation des paramètres de sortie d'une cellule solaire à base de silicium monocristallin avec PC1D

TP 5 : Caractérisation d'un module photovoltaïque.

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 100%

Références bibliographiques :

5. *P.N. Favennec, Technologies pour les composants à semiconducteurs, Masson, Paris, 1996.*
6. *D. K. Schroder, Semiconductor Material Device Characterization, 2nd Edition, a Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, INC.*
7. *S. Dusausay, Comprendre l'Electronique par la Simulation, 43 circuits simulés & rappels de cours. Vuibert.*
8. *Atlas user's Manual: Device Simulation Software. Santa Clara, 2013.*
9. *Athena user's Manual: Device Simulation Software. Santa Clara, 2013.*
10. Site :<http://www.silvaco.com>

Semestre: 2
Unité d'enseignement: UEM 1.2
Matière 4: Conception des circuits intégrés analogiques MOS
VHS: 37h30 (Cours: 1h30, TP: 1h00)
Crédits: 3
Coefficient: 2

Objectifs de l'enseignement:

Maîtriser le Design Flow de la conception des circuits intégrés analogiques.

Connaissances préalables recommandées:

Electronique fondamentale, Technologie des composants électroniques.

Contenu de la matière:

Chapitre 1. Le transistor MOS

- 1.1 Le transistor NMOS et PMOS à enrichissement : structure et fonctionnement.
- 1.2 Le transistor NMOS et PMOS à déplétion : structure et fonctionnement.
- 1.3 Modèle du transistor MOS : modèle linéaire, modèle quadratique.
- 1.4 Régimes de fonctionnement.
- 1.5 Effet de substrat, effet de champ électrique, effet de la modulation du canal.
- 1.6 Modèle Pspice du transistor MOS.
- 1.7 Méthode de simulation des caractéristiques d'un transistor MOS sous Pspice.

Chapitre 2. Les circuits analogiques de base à technologie MOS

- 2.1 Miroirs de courant : analyse des différents types de miroirs de courant.
- 2.2 Circuit de décalage.
- 2.3 Amplificateur à source commune.
- 2.4 Amplificateur différentiel.
- 2.5 Amplificateur opérationnel

Chapitre 3. Technologie et dessin de masque

- 3.1 Procédé de fabrication en technologie MOS.
- 3.2 Règles de dessin.
- 3.3 Dessin symbolique.
- 3.4 Dessin de masque d'une résistance et d'un transistor MOS.
- 3.5 Dessin de masque d'un circuit analogique.

TP Conception des circuits intégrés analogiques MOS

*Est exposée ci-dessous une liste de TPs répondant aux objectifs de la matière. Les équipes de formation sont priées de réaliser au moins 4 TPs (voire plus, si cela est possible) en fonction de la disponibilité des logiciels. Par ailleurs, il est permis de rajouter ou remplacer quelques TPs de la liste jointe par d'autres TPs en relation avec la matière. **Précision** : Tout changement apporté à cette liste doit être signalé au CPND de manière à en faire profiter les autres établissements.*

TP1 : Initiation au logiciel Pspice : Simulation et analyse des caractéristiques d'un transistor MOS.

TP2 : Simulation et analyse d'un amplificateur à source commune.

TP3 : Simulation et analyse d'une source de courant.

TP4 : Simulation et analyse d'un amplificateur différentiel.

TP5 : Initiation au logiciel Microwind : Dessin de masques : (résistance, transistor MOS, amplificateur différentiel).

Mode d'évaluation:

Contrôle continu: 40 % ; Examen: 60 %.

Références bibliographiques:

1. *R. Jacob Baker, CMOS Circuit Design, Layout and Simulation, Wiley, 3rd ed., 2010*
2. *D.A. Johns, Analog Integrated Circuit Design, Wiley, 1997*
3. *T.C. Carusone, Analog Integrated Circuit Desig*
4. *P.R. Gray, Analysis and Design of Analog Integrated Circuits, Wiley, 2001*
5. *B. Razavi, Design of Analog Integrated Circuits, McGraw Hill, 2001*

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UED 1.2

Matière : Matière 3 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 2

Unité d'enseignement : UED 1.2

Matière : Matière 4 au choix

VHS : 22h30 (cours : 1h30)

Crédits : 1

Coefficient : 1

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UET 1.2
Matière : Éthique, déontologie et propriété intellectuelle
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Développer la sensibilisation des étudiants aux principes éthiques. Les initier aux règles qui régissent la vie à l'université (leurs droits et obligations vis-à-vis de la communauté universitaire) et dans le monde du travail. Les sensibiliser au respect et à la valorisation de la propriété intellectuelle. Leur expliquer les risques des maux moraux telle que la corruption et à la manière de les combattre.

Connaissances préalables recommandées :

Aucune

Contenu de la matière :

A- Ethique et déontologie

I. Notions d'Éthique et de Déontologie

(3 semaines)

1. Introduction
 1. Définitions : Morale, éthique, déontologie
 2. Distinction entre éthique et déontologie
2. Charte de l'éthique et de la déontologie du MESRS : Intégrité et honnêteté. Liberté académique. Respect mutuel. Exigence de vérité scientifique, Objectivité et esprit critique. Équité. Droits et obligations de l'étudiant, de l'enseignant, du personnel administratif et technique.
3. Éthique et déontologie dans le monde du travail
Confidentialité juridique en entreprise. Fidélité à l'entreprise. Responsabilité au sein de l'entreprise, Conflits d'intérêt. Intégrité (corruption dans le travail, ses formes, ses conséquences, modes de lutte et sanctions contre la corruption)

II. Recherche intègre et responsable

(3 semaines)

1. Respect des principes de l'éthique dans l'enseignement et la recherche
2. Responsabilités dans le travail d'équipe : Égalité professionnelle de traitement. Conduite contre les discriminations. La recherche de l'intérêt général. Conduites inappropriées dans le cadre du travail collectif
3. Adopter une conduite responsable et combattre les dérives : Adopter une conduite responsable dans la recherche. Fraude scientifique. Conduite contre la fraude. Le plagiat (définition du plagiat, différentes formes de plagiat, procédures pour éviter le plagiat involontaire, détection du plagiat, sanctions contre les plagiaires, ...). Falsification et fabrication de données.

B- Propriété intellectuelle

I- Fondamentaux de la propriété intellectuelle (1 semaines)

1. Propriété industrielle. Propriété littéraire et artistique.
2. Règles de citation des références (ouvrages, articles scientifiques, communications dans un congrès, thèses, mémoires, ...)

II- Droit d'auteur (5 semaines)

1. Droit d'auteur dans l'environnement numérique

Introduction. Droit d'auteur des bases de données, droit d'auteur des logiciels. Cas spécifique des logiciels libres.

2. Droit d'auteur dans l'internet et le commerce électronique

Droit des noms de domaine. Propriété intellectuelle sur internet. Droit du site de commerce électronique. Propriété intellectuelle et réseaux sociaux.

3. Brevet

Définition. Droits dans un brevet. Utilité d'un brevet. La brevetabilité. Demande de brevet en Algérie et dans le monde.

4. Marques, dessins et modèles

Définition. Droit des Marques. Droit des dessins et modèles. Appellation d'origine. Le secret. La contrefaçon.

5. Droit des Indications géographiques

Définitions. Protection des Indications Géographiques en Algérie. Traités internationaux sur les indications géographiques.

III- Protection et valorisation de la propriété intellectuelle (3 semaines)

Comment protéger la propriété intellectuelle. Violation des droits et outil juridique. Valorisation de la propriété intellectuelle. Protection de la propriété intellectuelle en Algérie.

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. Charte d'éthique et de déontologie universitaires, https://www.mesrs.dz/documents/12221/26200/Charte+fran_ais+d_f.pdf/50d6de61-aabd-4829-84b3-8302b790bdce
2. Arrêtés N°933 du 28 Juillet 2016 fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat
3. L'abc du droit d'auteur, organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO)
4. E. Prairat, De la déontologie enseignante. Paris, PUF, 2009.
5. Racine L., Legault G. A., Bégin, L., Éthique et ingénierie, Montréal, McGraw Hill, 1991.
6. Siroux, D., Déontologie : Dictionnaire d'éthique et de philosophie morale, Paris, Quadrige, 2004, p. 474-477.
7. Medina Y., La déontologie, ce qui va changer dans l'entreprise, éditions d'Organisation, 2003.
8. Didier Ch., Penser l'éthique des ingénieurs, Presses Universitaires de France, 2008.

9. Gavarini L. et Ottavi D., Éditorial. de l'éthique professionnelle en formation et en recherche, Recherche et formation, 52 | 2006, 5-11.
10. Caré C., Morale, éthique, déontologie. Administration et éducation, 2e trimestre 2002, n°94.
11. Jacquet-Francillon, François. Notion : déontologie professionnelle. Le télémaque, mai 2000, n° 17
12. Carr, D. Professionalism and Ethics in Teaching. New York, NY Routledge. 2000.
13. Galloux, J.C., Droit de la propriété industrielle. Dalloz 2003.
14. Wagret F. et J-M., Brevet d'invention, marques et propriété industrielle. PUF 2001
15. Dekermadec, Y., Innover grâce au brevet: une révolution avec internet. Insep 1999
16. AEUTBM. L'ingénieur au cœur de l'innovation. Université de technologie Belfort-Montbéliard
17. Fanny Rinck et Léda Mansour, littératie à l'ère du numérique : le copier-coller chez les étudiants, Université grenoble 3 et Université paris-Ouest Nanterre la défense Nanterre, France
18. Didier DUGUEST IEMN, Citer ses sources, IAE Nantes 2008
19. Les logiciels de détection de similitudes : une solution au plagiat électronique? Rapport du Groupe de travail sur le plagiat électronique présenté au Sous-comité sur la pédagogie et les TIC de la CREPUQ
20. Emanuela Chiriac, Monique Filiatrault et André Régimbald, Guide de l'étudiant: l'intégrité intellectuelle plagiat, tricherie et fraude... les éviter et, surtout, comment bien citer ses sources, 2014.
21. Publication de l'université de Montréal, Stratégies de prévention du plagiat, Intégrité, fraude et plagiat, 2010.
22. Pierrick Malissard, La propriété intellectuelle : origine et évolution, 2010.
23. Le site de l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle www.wipo.int
24. <http://www.app.asso.fr/>

Proposition de quelques matières de découverte

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière 3: Gestion des déchets électriques et électroniques
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Connaitre les grands principes relatifs à l'élimination des déchets et à la récupération des matériaux. Prévenir (ou réduire) la production et la nocivité des déchets, notamment en agissant sur la fabrication et sur la distribution des produits. Savoir comment organiser le transport des déchets et le limiter. Savoir valoriser les déchets par réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir à partir des déchets des matériaux réutilisables et connaître les effets sur l'environnement et la santé publique des opérations de production et d'élimination des déchets.

Connaissances préalables recommandées :

Produits nocifs qui entrent dans la fabrication des circuits électroniques et électriques, les matériaux utilisés dans les circuits (Al, Cu, Si, Ge, ...).

Contenu de la matière :

Introduction

1. Définitions
2. Quelques chiffres
3. La réglementation mondiale sur la gestion des déchets électriques et électroniques « DEEE ».
4. Organisation de la filière DEEE
 - La collecte des DEEE
 - Le tri des DEEE
 - La vente des DEEE
 - Liste des équipements concernés par le recyclage des DEEE
5. Enjeux économiques
6. Impact environnemental
7. Entreprises de Collecte et de recyclage des déchets électriques et électroniques (DEEE, D3E) en Algérie.

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

25. *Déchets électroniques (WEEE), Division de l'environnement, de l'énergie et de la recherche, STOA Parlement européen L-2929 Luxembourg*
26. https://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chets_d%27%C3%A9quipements_%C3%A9lectriques_et_%C3%A9lectroniques (voir nombreuses références incluses dans cet article).

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière 4: Introduction aux Nanotechnologies
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Au terme de l'enseignement de cette matière, l'étudiant est censé avoir des notions sur les sciences des nanotechnologies et des nanostructures.

Connaissances préalables recommandées :

Electronique et Semi-conducteurs.

Contenu de la matière :

- Introduction à la nanotechnologie
- Phénomènes dans les nanostructures et étude à l'échelle nanométrique
- Notions sur la croissance et la nanofabrication des nano matériaux
- Notions sur les nanotubes et transistors moléculaires
- Techniques d'analyse des nano matériaux (Photoémission des RX, MEB, ...)
- Notions sur les techniques de caractérisations des nano objets
- Nanoélectronique et les capacités de stockage de données
- Impact sur l'industrie future.

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. *M. Lahmani, C. Dupas, P. Houdy, Les nanosciences, nanotechnologies et nanophysiques, edition Belin.*
2. *D. Feigenbaum, A. Nsamirizi, B. Sinclair-Descagné, Les nanotechnologies : leurs bénéfices et leur risques, Série Scientifique-Montréal 2004-CIRAND.*
3. *A. Korkin, Nanotechnology for Electronic Materials and Devices, Springer, 2007.*
4. *H. Fanet, Micro et nano-électronique – Bases - Composants - Circuits, Dunod, Paris, 2006.*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière : Les matériaux intelligents
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Introduire le concept d'adaptabilité des matériaux. Découvrir les différents types des matériaux intelligents. Définir les caractéristiques et les applications de chaque type de matériau.

Connaissances préalables recommandées :

Notions générales de Physique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Définition des matériaux intelligents

1. Les propriétés des matériaux intelligents
2. Pourquoi les matériaux intelligents ?

Chapitre 2 : Piézoélectricité

1. La piézoélectricité
2. Propriétés mécaniques d'un matériau piézoélectrique
3. Matériaux piézoélectriques
4. Applications des matériaux piézoélectriques

Chapitre 3 : Pyroélectricité

1. La pyroélectricité
2. Applications des matériaux pyroélectriques
3. Matériaux pyroélectriques

Chapitre 4 : Ferroélectricité

1. Ferroélectricité et applications électroniques
2. Ferroélectricité et applications optiques
3. Progrès sur les matériaux ferroélectriques en couches minces

Chapitre 5 : Magnétoélectricité

1. Généralités sur l'effet magnétostrictif
2. Magnétoélectricité
3. Applications

Chapitre 6 : Alliages à mémoire de forme (AMF)

1. Familles d'alliages
2. Propriétés : effet mémoire, superélasticité
3. Applications pratiques : aérospatial, industrie, biomécanique.

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. J. C. Anderson, *Dielectrics, Modern electrical studies.*

2. *K. Uchino, Ferroelectric Devices, Marcel Dekker inc.*
3. *C. Kittel, Physique de l'état solide, Dunod.*
4. *Hungt Diep, Physique de la matière condensée, cours, exercices et problèmes corrigés, Dunod.*
5. *M. F. Ashby, David R. H. Jones, Matériaux. T1 Propriétés, applications et conception.*
6. *M. Brissaud, Matériaux piézoélectriques - Caractérisation, modélisation et vibration, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.*

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière : Les matériaux
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Sont présentées dans ce cours les grandes classes de matériaux, métaux, alliages, céramiques, verres, polymères... avec leurs principales caractéristiques et méthodes d'élaboration les plus courantes, ceci afin d'initier l'étudiant à développer une méthodologie de choix des matériaux pour une application donnée faisant intervenir plusieurs propriétés simultanément. Les matériaux émergents sont aussi introduits dans ce cours.

Connaissances préalables recommandées :

Notions générales de Physique.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Introduction et rappels

Chapitre 2 : Physico-chimie du solide

- 1- Classification des matériaux de l'amorphe au cristallisé
- 2- Solide réel. Défauts cristallins
- 3- Thermodynamique du solide
- 4- Non-stœchiométrie. Solutions solides

Chapitre 3 : Classification des Matériaux

- 1- Métaux et alliages : structures, alliages ordonnés et désordonnés, solutions solides, cristaux liquides, propriétés électriques, mécaniques, thermiques, applications : superalliages....
- 2- Polymères : structure et microstructure, transitions thermiques, propriétés mécaniques, thermiques, électriques
- 3- Céramiques : structures, propriétés et applications particulières
- 4- Semiconducteurs : états d'énergie, absorption et émission de lumière, transport, jonction PN et structure MIS, Capteurs à jonction P N.
- 5- Matériaux particuliers : cristaux liquides, supraconducteurs
- 6- Matériaux émergents : Quasi-cristaux, nanotubes, matériaux à gradient, matériaux cellulaires, adaptatifs Supra haute température, matériaux à mémoire de forme, Matériaux pour le stockage et la conversion de l'énergie, biomimétique, ...

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. C. Kittel, *Physique de l'état solide*, Dunod, 1981.
2. W. Kurz, J.P. Mercier, G Zambelli, *Traité des Matériaux : 1-Introduction à la science des matériaux*
3. Ashby & Jones, *Matériaux : 1- Propriétés et applications*, Dunod, 1998.
4. Ashby & Jones, *Matériaux : 1- Microstructure et mise en œuvre*, Dunod, 1991.
5. P. Jacquinet, *Utilisation des matériaux composites*, Hermes, 1991.
6. M. Dupeux, *Aide Mémoire - Science des Matériaux*, Dunod.

Semestre : 2
Unité d'enseignement : UED 1.2
Matière : Appareillages et Techniques de caractérisation
VHS : 22h30 (Cours : 1h30)
Crédit : 1
Coefficient : 1

Objectifs de l'enseignement:

Faire acquérir aux étudiants la maîtrise des appareils de caractérisation que l'on trouve dans les laboratoires de microélectronique, des méthodes et des protocoles de mesure.

Connaissances préalables recommandées :

Notions sur les matériaux et de Physique des semiconducteurs.

Contenu de la matière :

Chapitre 1 : Caractérisation morphologique

Microscopie optique classique
 Microscopie électronique à balayage (SEM)
 Microscopie électronique à transmission (TEM)
 Microscopie à effet tunnel (STM)
 Microscopie à force atomique (AFM)
 Profilomètre

Chapitre 2 : Caractérisation physico-chimique

Spectrométrie des rayons X (XES, EMP)
 Spectroscopie d'électrons Auger (AES)
 Fluorescence X (XRF)
 Spectrométrie des photoélectrons (ESCA, XPS)
 Spectrométrie de masse des ions secondaires (SIMS)
 Rétrodiffusion Rutherford (RBS)

Chapitre 3 : Caractérisation structurale

Diffraction par des électrons de basse énergie (LEED)
 Diffraction des rayons X (XRD)
 Spectroscopie de Rétrodiffusion Rutherford en condition de canalisation RBS

Chapitre 4 : Caractérisation optique

Ellipsométrie
 Spectroscopie infrarouge

Mode d'évaluation :

Examen : 100 %

Références bibliographiques:

1. C. Kittel, *Physique de l'état solide*, Dunod, 1981.
2. D. K. Schroder, *Semiconductor Material Device Characterization, 2nd Edition*, a Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, INC
3. A. Vapaille, *Méthodes de caractérisation*
4. R.A. Stradling and P.C. Klipstein, *Growth and characterization of semiconductors*, Adam Hilger, Bristol, 1991.