

UNIVERSITE DE LIMOGES

ECOLE DOCTORALE Science – Technologie – Santé

FACULTE des Sciences et Techniques de Limoges

XLIM – Département MINACOM

Thèse N° 59-2008

Thèse

pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Limoges

Discipline : Electronique des Hautes Fréquences et Optoélectronique

Présentée et soutenue par

Auteur EL AMRANI

**Etude des comportements statique et dynamique de
dispositifs photo-transistor et photocoupleur organiques**

Thèse dirigée par MM. Bruno LUCAS et André MOLITON

Le 30 Octobre 2008

JURY :

Rapporteurs :

M. Louis GIRAUDET

Professeur - LMEN Reims

M. Jean-Paul PARNEIX

Professeur - IMS Bordeaux I

Examineurs :

M. Christophe DEFRANOUX

Ingénieur - SOPRA –SA Bois Colombes

M. Bernard GEFFROY

Ingénieur - LPICM Palaiseau

M. Bruno LUCAS

Maître de conférence HDR – XLIM Limoges

M. André MOLITON

Professeur – XLIM Limoges

M. Bernard RATIER

Professeur – XLIM Limoges

Sommaire

Chapitre I : Généralités et mise au point bibliographique sur la photoconductivité et sur les phototransistors organiques

INTRODUCTION GENERALE	1
I QUELQUES DONNEES SUR LA LUMIERE :	7
II LES MATERIAUX ORGANIQUES CONJUGUES ET LES PHENOMENES PHYSIQUES A L'ECHELLE DE LA MOLECULE : ^[1]	8
II.1 Les polymères et les petites molécules conjugués :	8
II.2 Origine du caractère semiconducteur dans les organiques :	12
II.3 Structure électronique et de bandes des solides moléculaires:	14
II.4 Processus optiques à l'échelle moléculaire : notion d'excitons ^[2]	16
III TRANSPORT DES CHARGES DANS LES SEMICONDUCTEUR ORGANIQUES :	18
IV COMPOSANTS POUR L'OPTOELECTRONIQUE ORGANIQUE : DE LA CELLULE PHOTOCONDUCTRICE AU PHOTOTRANSISTOR	20
IV.1 Généralités sur la photodétection :	20
IV.2 Principe d'une cellule photoconductrice et définition de la photoconductivité : .	21
IV.3 Taux de génération G, taux de recombinaison R et durée de vie des porteurs : ^[1]	25
IV.3.1 Définition de G et de R :	25
IV.3.2 Etude de la variation de la concentration des porteurs :	26
IV.4 Gain en photocourant :	28
IV.5 Les phototransistors organiques :	29
IV.5.1 Résultats sur les phototransistors issus de recherches bibliographiques :	29
IV.5.2 Présentation et caractéristiques du transistor organique :	33
a. Présentation du transistor organique film mince (OTFT) :	33
b. Tension de seuil (en V) et mobilité (en $\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) des porteurs de charges :	35
c. Gain en courant ($I_{\text{on}}/I_{\text{off}}$) et inverse de la pente sous le seuil (S) :	37
IV.5.3 Modes de fonctionnement des phototransistors organiques :	38

Chapitre II : Réalisation d'oxydes conducteurs et transparents (ITO et ZnO) par IBS pour composants optoélectroniques organiques

I	QUELQUES GENERALITES SUR LES OTCS ETUDIES :	43
I.1	Oxyde d'indium et d'étain : ITO	43
I.2	Oxyde de Zinc : ZnO	44
II	PRINCIPE ET DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE IBS POUR LE DEPOT D'OTCS :	45
II.1	Principe de la technologie IBS :	45
II.2	La Source ECR (Electron Cyclotron Resonance) :	47
II.3	L'enceinte à vide :	49
III	DESCRIPTION DES METHODES D'ANALYSE ET DE CARACTERISATIONS DES COUCHES MINCES :	49
III.1	Caractérisations électriques : Mesure de la conductivité et de la résistance carrée	49
III.2	Caractérisations optiques :	50
III.2.1	Mesure du coefficient d'absorption et du gap optique :	50
III.2.2	Mesure de l'indice de réfraction par ellipsométrie :	51
III.3	Caractérisations morphologique et structurale :	52
III.3.1	Mesure de la rugosité de surface par AFM :	52
III.3.2	Analyse par diffraction de rayon X (DRX) :	53
IV	CARACTERISATIONS ELECTRIQUE, OPTIQUE, MORPHOLOGIQUE ET STRUCTURALE DES COUCHES MINCES D'ITO :^[1]	53
IV.1	Effet du flux d'oxygène sans chauffage du substrat :	55
IV.2	Effet de la température de substrat pendant la croissance du film assisté par un flux d'oxygène (1cm³/min) :	57
IV.3	Effet de l'épaisseur de films d'ITO thermiquement activés (130°C) et assistés par un flux d'oxygène (1cm³/min) :	61
IV.4	Effet d'une sous-couche de ZnO :	64
IV.4.1	Caractérisations électrique, optique et structurale de couches de ZnO :	65
IV.4.2	Propriétés électrique, optique et cristalline de bicouches ITO/ZnO :	68
V	PERFORMANCES DES OLEDs AVEC UNE ANODE ITO/ZNO :	71

V.1	Principe de l'électroluminescence :	71
V.2	Procédés de réalisation et de caractérisation des diodes électroluminescentes :..	72
V.2.1	Nettoyage de l'anode :	72
V.2.2	Techniques de dépôt des couches organiques et dispositifs expérimentaux :.....	72
a.	Dépôt à la tournette ou « spin-coating »:.....	73
b.	Dépôt en phase vapeur :	73
c.	Support d'échantillons pour le dépôt en phase vapeur :.....	74
d.	Masque de dépôt de la cathode :	75
V.2.3	Cellule de mesure :.....	76
V.3	Caractéristiques I(V) et L(V) d'OLEDs obtenues avec une anode ITO (150nm)/ZnO(Xnm) :	77
VI	CONCLUSION ET PERSPECTIVES :	80

Chapitre III : Elaboration et caractérisation de composants phototransistors à base de pentacène

I	INTRODUCTION :	85
II	MATERIAUX UTILISES ET DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE POUR LA CARACTERISATION DE CELLULES PHOTOCONDUCTRICES ET DE PHOTOTRANSISTORS :	86
II.1	Matériaux organiques utilisés :	86
II.2	Description du banc expérimental de caractérisations :	87
II.3	Paramètres caractéristiques des phototransistors :^{II}	88
II.3.1	Gain en photocourant (ou photosensibilité) :	89
II.3.2	Sensibilité et efficacité quantique :	89
II.3.3	Temps de réponses :	89
III	ETUDE PRELIMINAIRE : OPTIMISATION ET CARACTERISATION D'UN MATERIAU PHOTOCONDUCTEUR, LE PENTACENE	90
III.1	Propriétés morphologique, cristalline et optique du pentacène :	90
III.1.1	Analyses AFM et diffraction par rayon X :.....	90
III.1.2	Détermination de l'énergie du gap du pentacène (E_g) à partir de la mesure du coefficient d'absorption (α) :	92
III.2	Caractérisations de dispositifs photoconducteurs organiques en configuration « bottom contact » ou « top contact » :	93
III.2.1	Caractérisations photoélectriques en géométrie « bottom contact » :.....	95
III.2.1.1	Cas où l'énergie des photons est légèrement supérieure à celle du gap du pentacène (1,8eV) : éclairnement dans le rouge à 632nm (1,96eV)	95

III.2.1.2 Cas où l'énergie des photons est très supérieure à celle du gap du pentacène (1,8eV) : éclairage sous UV à 365nm (3,4eV).....	96
III.2.2 Caractérisations photoélectriques en géométrie « top contact » :.....	97
III.2.2.1 Cas où l'énergie des photons est légèrement supérieure à celle du gap du pentacène (1,8eV) : éclairage dans le rouge à 632nm (1,96eV).....	97
III.2.2.2 Cas où l'énergie des photons est très supérieure à celle du gap du pentacène (1,8eV) : éclairage sous UV à 365nm (3,4eV).....	98
III.2.3 Caractéristiques dynamiques en géométrie «top contact» :.....	99
IV ELABORATION ET CARACTERISATION DE PHOTOTRANSISTORS ORGANIQUES :.....	101
IV.1 Réalisation et optimisation des performances des transistors organiques à base de pentacène avec du PMMA comme isolant :.....	101
IV.1.1 Effet de l'épaisseur du pentacène sur les performances de transistor :.....	102
IV.1.1.1 Propriétés morphologique et structurale de films de pentacène déposés sur du PMMA :.....	102
IV.1.1.2 Caractérisations électriques de transistors pour différentes épaisseurs de pentacène :.....	104
IV.1.2 Effet de la longueur du canal sur les performances du transistor :.....	106
IV.1.3 Détermination de la mobilité en fonction de la tension de grille :.....	108
IV.1.4 Etude de la stabilité du transistor à l'air ambiant :.....	110
IV.2 Caractérisations de phototransistors organiques éclairés à 632nm et à 365nm :.....	112
IV.2.1 Caractérisations électriques de transistors à films minces éclairé par un laser He-Ne à 632nm :.....	113
IV.2.2 Caractérisations électriques de transistors à films minces éclairés sous UV à 365nm :.....	116
IV.3 Caractérisation d'un phototransistor à base de pentacène sur substrat plastique :.....	120
IV.4 Effet de l'éclairage UV de façon continue sur les caractéristiques d'un OTFT :.....	123
V EFFET DE L'INTENSITE LUMINEUSE SUR LES CARACTERISTIQUES D'UN TRANSISTOR ORGANIQUE :.....	128
VI CONCLUSION :.....	132
Chapitre IV : Premiers résultats sur les Photocoupleurs « tout organiques »	
I INTRODUCTION.....	137
II DESCRIPTION DES COMPOSANTS UTILISES ET DE L'APPAREILLAGE POUR LA CARACTERISATION DU DISPOSITIF PHOTOCOUPLEUR :.....	138

