

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVESITE AKLI MOUHAND OULHADJ-BOUIRA



Faculté des sciences et des sciences Appliquées  
Département de physique

**Mémoire de fin d'étude**

Présenté par :

**HAMLAOUI CHAHRAZED**

En vue de l'obtention du diplôme de **Master** en :

Filière : physique

Option : physique des matériaux

**Thème :**

---

**Analytique des propriétés unidimensionnelles des composant optique a effet de  
champs MESFET GaAs**

---

**Devant le jury composé de**

<b>Président :</b>	<b>Mr.Bouhdjer Lazhar</b>	<b>M.C.A</b>	<b>Université de bouira</b>
<b>Rapporteur :</b>	<b>Mr.Issam.Hamma</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Université de bouira</b>
<b>Examineurs :</b>	<b>Mr.Khelfane Hocine</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Unuversité de bouira</b>
	<b>Mme.Hamyoud Leila</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Université de bouira</b>

**Année Universitaire :2019/2020**

# Remerciements

*Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir aidés et de nous avoir donné la foi et la force pour achever ce modeste travail.*

*J'exprime ma profonde gratitude à mon promoteur Mr. Hamma Issam, de m'avoir encadré avec sa cordialité franche et coutumière, je le remercie pour sa patience et sa gentillesse, pour ces conseils et ces orientations clairvoyantes qui m'ont guidé dans la réalisation de ce travail.*

*Je tiens à remercier :*

*Mr. Bouhdjer De m'avoir fait l'honneur de présider mon projet.*

*Mr. Khelfane et Mme Hamyoud D'avoir accepté d'évaluer et d'examiner mon projet.*

*J'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail. Principalement à tous mes enseignants.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce projet :*

*A ma chère mère,*

*A mon cher père,*

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

*A mon cher frère Abd El Aziz,*

*A ma chère sœur Imane et son mari Youcef et ses enfants, Narimane et Tamim,*

*Pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études*

*A ma chère grande mère,*

*Qui je souhaite une bonne santé.*

*A mes chères amies,*

*Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles*

# **Sommaire**

## **sommaire**

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Etat l'art des composants à effet de champ (OPFET).</b>	
I.1 Introduction.....	3
I.2 Semi-conducteur (III-V).....	3
I.2.1 Structure cristalline.....	3
I.2.2 Structure de bande d'énergie du semi-conducteur GaAs .....	4
I.2.3 Gap direct et gap indirect.....	5
I.2.4 Mobilité et vitesse des porteurs.....	6
I.3 Propriétés optique et électronique de GaAs.....	7
I.4 Théorie du contact métal semi-conducteur.....	8
I.5 Barrière de potentiel et la zone de charge.....	11
I.6 Transistor à effet de champ a contact Schottky (MESFET).....	12
I.7 Éclairage de MESFET GaAs.....	16
I.8 MESFET GaAs sous la lumière (OPFET).....	17
Conclusion.....	20
<b>Chapitre II : Modélisation du MESFET optique GaAs (OPFET).</b>	
II.1 Introduction.....	21
II.2 Distribution de charge uniforme.....	21
II.3 Mécanisme de transport des porteurs de charge.....	22
II.4 Equation de fonctionnement de MESFET GaAs.....	23
II.5 Détermination du terme unidimensionnel de potentiel.....	23
II.6 Détermination de l'expression de courant selon les différents régime de fonctionnement.....	26
II.7 Composant optique à effet de champ à barrière Schottky MESFET GaAs (OPFET).....	29
II.8 La vie des transporteurs minoritaires sous l'éclairage.....	30
II.9 Tension photo- induit.....	31
II.10 Effet de la mobilité variable sur les caractéristique I-V.....	32
II.11 Effet des éléments parasite sur les caractéristique I-V.....	33

II.12 Conductance et transconductance.....	36
Conclusion.....	37
<b>Chapitre III : Résultat et discussion</b>	
III.1 Introduction.....	38
III.2 Logiciel et simulation.....	38
III.3 Résultats de lasimulation.....	40
III.3-1 Durée de vie des porteurs minoritaires $\tau_L$ .....	41
III.3-2 Photo-tension( $V_{opt}$ ).....	41
III.3-3 Taux de génération optique( $G_{op}$ ).....	42
III.3-4 Transconductance( $g_{m.op}$ ) $f(P_{opt})$ .....	43
III.3-5 Loi de mobilité est vitesse des porteurs.....	43
III.3-6 Caractéristiques I-V .....	45
III .3-6-1 Effet de la mobilité sur les caractéristique I-V.....	46
III.3-6-2 Effet des résistances parasite sur les caractéristiques I-V.....	48
III.3-6-3 Influence des paramètres physique et géométrique sur les caractéristiques I-V.....	49
III.3-7 Transconductance( $g_{m.op}$ ) et conductance de drain ( $g_{d.op}$ ).....	54
Conclusion .....	59
Conclusion générale.....	60
Références bibliographique.....	61
Résumé	

# **Introduction Générale**

### Introduction général

Le développement de nouvelles technologies pour les applications de télécommunications, de radionavigations et radars sont aujourd'hui d'un intérêt stratégique et commercial majeur. Plusieurs défis sont actuellement à relever dans ces domaines, le développement de réseaux hauts débits pour la numérisation des réseaux terrestres, télévision et radio à grande échelle, la mise au point de systèmes de radiocommunications mobiles, le développement de systèmes électroniques à hautes fréquences embarqués dans le secteur automobile ou encore les systèmes radars modernes. Ces marchés offrent aujourd'hui des perspectives commerciales importantes. [1]

Ce développement de nouvelles filières de composants à effet de champ prend un formidable essor dans ces nouvelles technologies, la demande et la production des circuits intégrés à base de transistors à effet de champ est très élevée. Ce développement spectaculaire a conduit à une recherche robuste soit au niveau des composants plus en plus performants ou vers des nouvelles applications, entraînant une montée en fréquence et autorisant une amplification de puissance plus importante. [2]

De nombreux laboratoires de recherche ont montré l'intérêt d'utiliser les transistors à effet de champ à grille Schottky sur arséniure de gallium dit MESFET GaAs, pour la réalisation des circuits intégrés logiques et analogiques. Une telle percée des réalisations technologiques ne peut se faire sans une connaissance approfondie de la physique du composant et de tous les phénomènes intrinsèques et extrinsèques qui peuvent en limiter les performances. [3]

Ce composé fabriqué à base d'arséniure de gallium a ouvert la voie devant les semi-conducteurs de la catégorie **III-V** et à différentes applications pour l'électronique à très grandes vitesses. [3]

Le transistor MESFET GaAs est utilisé pour mettre à profit la rapidité de la réponse de la diode Schottky résultant de l'absence de stockage des porteurs minoritaires [4]. Le transistor MESFET GaAs est désormais le composant de base de l'amplification microonde, et avec les progrès technologiques il est utilisé dans les systèmes hyperfréquences, ces transistors présentent alors des fréquences supérieures à 50GHz, avec un facteur de bruit très faible.

Plus tard, la commande optique **MESFET** a été nommée transistor à effet de champ optique **OPFET**. La photosensibilité du MESFET a ouvert la possibilité de leur utilisation pour une variété d'applications optoélectroniques. À l'heure actuelle les GaAs MESFET sous l'éclairage joue un rôle important dans les technologies de communication pour une large



bande multimédia et des applications à haute vitesse. Une idée qui a été largement étudiée récemment pour améliorer le contrôle optique de la fonction et il peut être utilisé pour former un port d'entrée supplémentaire en photonique (**MMIC**), et également attiré beaucoup d'attention en raison de leurs potentiel applications. Comme un certain nombre de recherches théoriques et expérimentales des travaux ont été signalés sur la commande optique MEFET.

Un modèle analytique simple d'un ion implanté GaAs MEFET est utile pour la conception assistée par ordinateur et pour les composants à circuits intégrés (**IC's**). Pour examiner le contrôle optique des caractéristiques GaAs MEFET, il est nécessaire d'utiliser un modèle optiquement fermée photo-détecteur **MEFET(OPFET)**, compte tenu de l'effet du canal court. [2]

L'objectif de ce travail est de faire une étude sur le transistor à effet de champ MEFET a base l'arséniure de gallium GaAs sous l'effet de la lumière connu sous le nom (**OPFET**), OPFET, par la suite nous faisons une comparaison entre les deux cas en prenant compte l'influence de la lumière sur les propriétés physiques et géométriques du composant.

Ce travail s'organise en trois chapitres :

Le Premier chapitre est consacré sur la présentation du matériau III.V (GaAs) et ses propriétés structurales et électroniques, ainsi que le contact métal-semi-conducteur puis à une description générale sur le principe de fonctionnement du MEFET GaAs avec et sans l'influence de la lumière.

Le Deuxième chapitre est basé sur l'étude statique des propriétés physique et géométrique du MEFET GaAs sous l'influence de la lumière dans le cas unidimensionnel, un modèle analytique à été développé pour décrire le comportement statique du transistor MEFET GaAs (OPFET),

Dans le troisième chapitre présente un logiciel de simulation MATLAB 7 pour élaboré à partir des équations établies dans le deuxième chapitre en présentant l'ensemble des résultats de simulation des caractéristiques statiques des transistors MEFET GaAs dans les deux conditions (éclairage et obscurité).

En fin une conclusion générale couronne ce mémoire, et une liste bibliographique pour guider le lecteur intéressé.

**Chapitre I: Etat de l'art des composants à  
effet de champ (OPFET)**

## I.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter un état de l'art du transistor à effet de champ à base de l'arséniure de gallium. Tout d'abord, nous proposons une généralité sur l'arséniure de gallium et leur propriétés optique et électronique, ainsi une étude de la théorie de contact métal-semi-conducteur par la suite, nous décrivons le principe de fonctionnement de MESFET et l'effet de la lumière sur ce composant (OPFET).

## I.2 Semi-conducteur III -V

L'Arséniure de Gallium (GaAs) est un matériau très favorable pour des applications photoniques. Le composant binaire (GaAs) sont formés à partir d'un élément de la troisième (III) colonne et d'un élément de la cinquième (V) colonne de la classification périodique de Mendeleïev.

[1]

Groupe III	Groupe IV	Groupe V
Aluminium (Al)	silicium (Si)	phosphore (P)
Gallium (Ga)	Germanium (Ge)	Arsenic (As)
Indium (In)	Etain (Sn)	Antimoine (Sb)

Tableau I-1 : Extrait de la classification périodique des éléments.

### I.2-1 Structure cristalline

L'Arséniure de gallium cristallise dans la structure du « Zinc Blende ». Son réseau cristallin peut se décomposer en deux sous-réseaux cubiques à faces centrées (FCC) déplacée par un vecteur  $(a_0/4, a_0/4, a_0/4)$ , avec  $a_0$  étant la longueur de l'arête du cube élémentaire ( $a_0=5.653\text{Å}$ ) l'un étant constitué des atomes de l'élément « III » (Ga), l'autre des atomes de l'élément « V » (As).

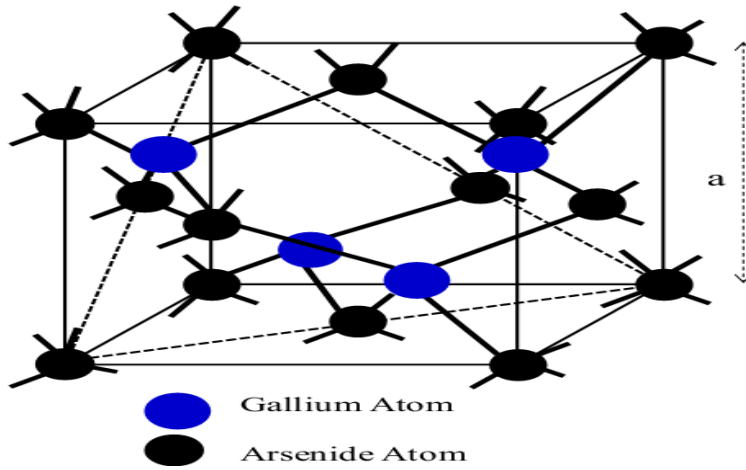


Figure I-1 : Structure cristalline du semi-conducteur GaAs.

### I.2-2 Structure de bande d'énergie du semi-conducteur GaAs

Le composant GaAs possède une bande interdite directe, qui comprend aussi 8 électrons par cellule unité (3 provenant du Ga et 5 d'As). Sa structure a un nombre égal de Ga et As distribués sur un réseau de type diamant, La transition d'énergie minimale entre ses deux bandes peut avoir lieu sans changement de vecteur d'onde, ce qui permet l'absorption et l'émission de lumière de façon beaucoup plus efficace que dans les matériaux à gap indirect comme le silicium.[3]

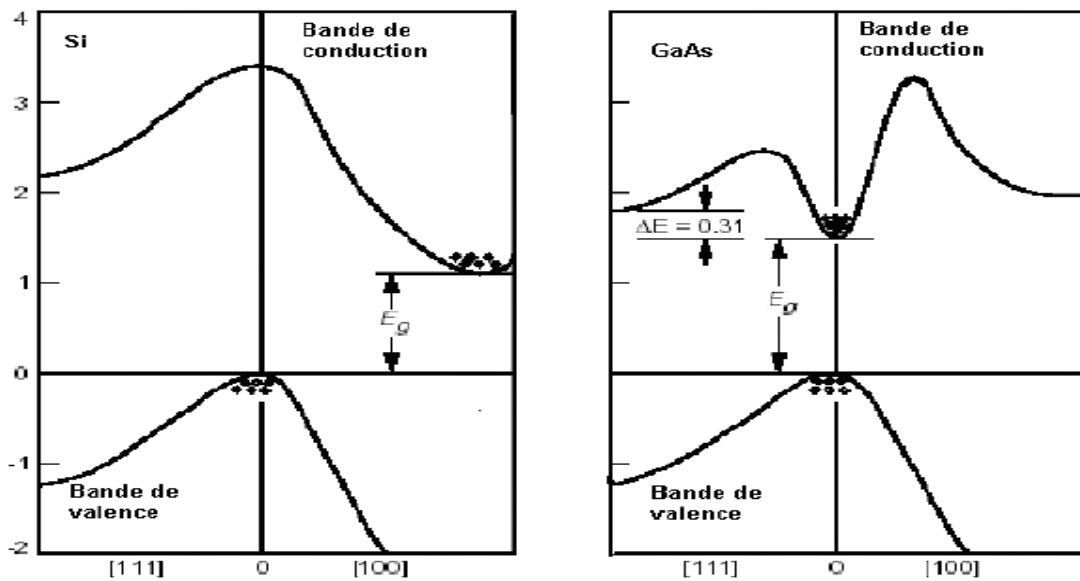


Figure I.2 : Structure de Bande d'énergie du GaAs et le silicium.

Semi-conducteur	Si	Ge	GaAs	InSb	InP	GaP	InAs
$E_g$ (Ev)	1,12(i)	0,66(i)	1,42(d)	0,18(d)	1,35(d)	2,26(i)	0.36(d)
$a$ (A)	5,43	5,65	5,65	5,48	5,87	5,45	6.06

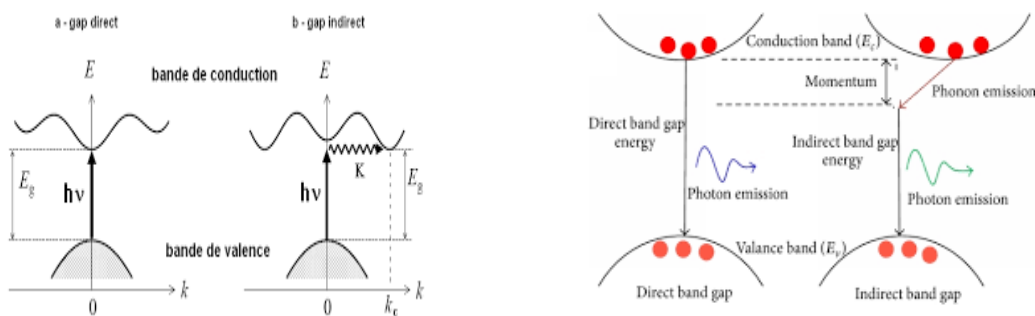
**Tableau I.2 :** Largeur de la bande interdite et paramètre cristallin de quelques semi-conducteurs à 300 K. d=transition direct ,i=transition indirecte.

### I.2-3 Gap directe et gap indirect

Le gap est par définition la largeur de la bande interdite, c'est-à-dire la différence d'énergie entre le minimum absolu de la bande de conduction et le maximum absolu de la bande de valence.

Dans Les semi-conducteurs à gap indirect, dont lesquels le minimum de la bande de conduction et le maximum de la bande de valence sont situés en des points différents de l'espace des  $k$  et les semi-conducteurs à gap direct pour lesquels ces extrema sont situés au même point de l'espace des  $k$  (au centre de la zone de Brillouin, en  $k=0$ ).

Dans les semi-conducteurs à gap direct, le minimum central de la bande de conduction correspond à des électrons de faible masse effective, donc très mobiles. Par contre ceux qui ont un gap indirect, leur bande de conduction correspond à des électrons de grande masse effective, donc ayant une faible mobilité [3]



**Figure I.3 :** Structure de bande d'énergie du : A-gap direct et B-gap indirect.

## I.2- 4 Mobilité et vitesse des porteurs

La mobilité et la vitesse des porteurs représentent deux grandeurs physiques très intéressantes caractérisant les matériaux semi-conducteurs, la (figure I.4) représente l'allure de la vitesse des électrons en fonction du champ électrique appliqué pour quelques semi-conducteurs (GaAs, InP, GaInAs). Pour les faibles champs électriques, nous constatons une proportionnalité entre l'augmentation de la vitesse des électrons et celui du champ. Pour les forts champs la vitesse présente une partie de résistance différentielle négative. Lorsque le champ électrique devient important, les interactions des porteurs avec les vibrations du réseau entraînent une diminution de la mobilité des électrons.

Cette diminution de la mobilité se traduit par une variation non linéaire de la vitesse des électrons. Puisque la définition habituelle de la mobilité comme étant le rapport entre la vitesse électronique et le champ électrique.

$$V = \mu(E) \times E$$

Alors la mobilité des électrons n'est pas constante et varie fortement avec l'augmentation du champ électrique. [4]

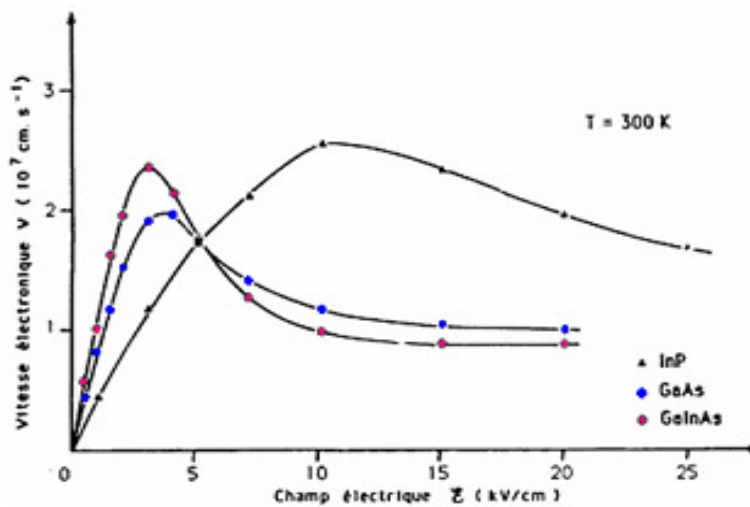


Figure I.4 : Caractéristiques vitesse - champ électrique en régime de transport stationnaire pour quelques semi-conducteurs à  $300^\circ \text{ K}$ .

## I.3 Propriété Optique et électronique de GaAs

### I.3-1 Propriété Electronique de GaAs

La structure de bande directe du GaAs, lui confère des propriétés électroniques brillant :

- Permis à la réalisation de diodes Schottky de hauteur de barrière élevée à partir de métaux divers qui rendent possible la fabrication de transistors à effet de champ à jonction métal-semi conducteur (MESFET).
- Mobilité et vitesse de saturation élevée.
- Ces propriétés garantissent l'obtention de vitesses de commutation élevées sous de faibles consommations.
- Le GaAs possiblement obtenu sous forme d'un semi-isolant de haute résistivité, car il -contient des grandes largeurs de bande interdite.
- L'épithaxie ou l'implantation de la couche active dans ce semi-isolant, permet d'assurer l'isolation inter dispositif, et ainsi, d'offrir des capacités parasites entre les dispositifs et le plan de masse extrêmement faibles. [3] [8]

Poids atomique	144.63 g/mol
Structure cristalline	Zinc blinde (cfc)
Structure de la bande interdite Directe	Directe
Largeur de la bande interdite	$E_g=1.424\text{eV}$
Constante diélectrique	12.5
Densité	$5.32\text{ g/cm}^3$
Densité effective d'état dans la bande de conduction	$N_c=4.7 \times 10^{17}\text{ at.cm}^{-3}$
Affinité électronique	$\chi=4.07\text{ eV}$
Concentration intrinsèque des porteurs	$n_i=2.1 \times 10^6\text{ at.cm}^{-3}$
Coefficient de dilatation thermique	$5.8 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$
La chaleur spécifique	$0.327\text{ J/q.K}$
Mobilité des electron	$8500\text{ cm}^2/\text{V.s}$
Mobilité des trous	$400\text{ cm}^2/\text{V.s}$
Constante diélectrique	12.85
Durée de vie des porteurs minoritaires	$\tau=10^{-8}\text{ S}$

**Tableau I.3 :** Propriétés physiques et électriques du GaAs.

### I.3-2 Propriété optique de GaAs

Le GaAs est meilleur dans la fenêtre spectrale (600-800nm), utilisé en particulier pour réaliser des composants optoélectronique diode électro luminescentes infrarouges ou des cellules photovoltaïques.

L'éclairage de GaAs par un faisceau de la lumière d'énergie  $h\nu$  supérieur au gap.les photon qui absorbé crée un paire électron-trou.les porteur de charges photo générés modifient les propriétés du matériau et sont responsable de l'effet optique dans les dispositifs GaAs.

### I.4 Théorie du contact métal semi-conducteur

Le contact métal semi-conducteurs (MS) peuvent être simplement réalisés en déposant une couche métallique par la technique d'évaporation sous vide ou par la méthode de pulvérisation cathodique à la surface d'un cristal semi-conducteur [5] [6] [7].

L'étude de la jonction métal-semi-conducteur nécessite :

#### 1-Le travail de sortie du métal ( $e\Phi_m$ ) :

c'est l'énergie minimale qu'il faut fournir à un électron situé au niveau de Fermi( $E_F$ ) pour l'arracher du métal et l'amener au niveau du vide  $N_V$ , le travail de sortie donner par :

$$e\Phi_m = N_V - E_F \quad (I.1)$$

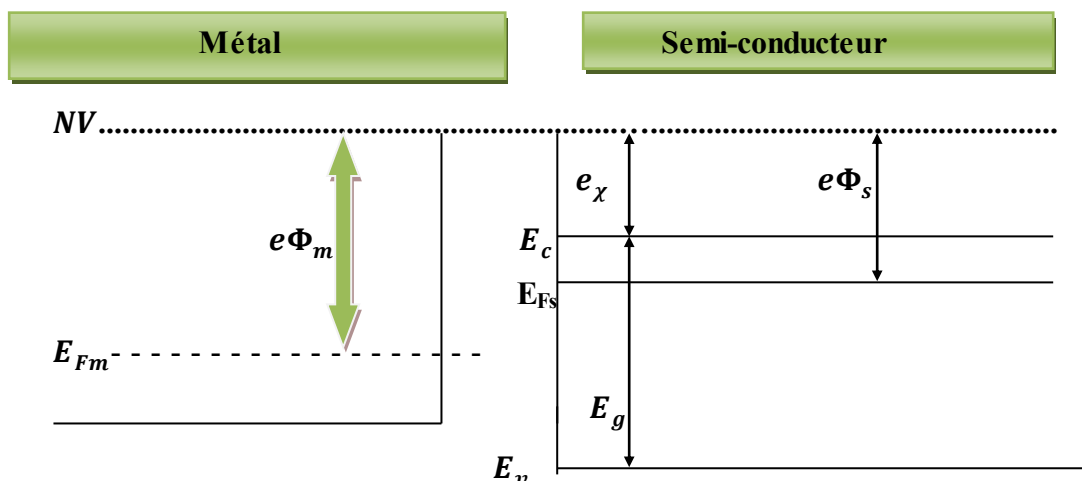
#### 2-Affinité électronique du semi-conducteur ( $e\chi$ ) :

c'est l'énergie qu'il faut fournir à un électron situé dans le bas de la bande de conduction( $E_C$ ) pour l'amener au niveau du vide, donné par la relation suivant :

$$e\chi = N_V - E_c \quad (I.2)$$

#### •Avant le contact

Le niveau de Fermi du métal étant situé dans la bande de conduction. Pour le Semi-conducteur par exemple uniformément dopé de type N nous supposant la structure idéale sans perturbations au niveau des liaisons chimiques du contact métal-semi-conducteur.





**Figure I.5 :** Diagramme d'énergie avant le contact.

**•Après le contact**

Lorsque les deux matériaux sont mis en contact (métal-semi-conducteur), il existe à l'interface une barrière de potentiel donnée par la relation suivant :

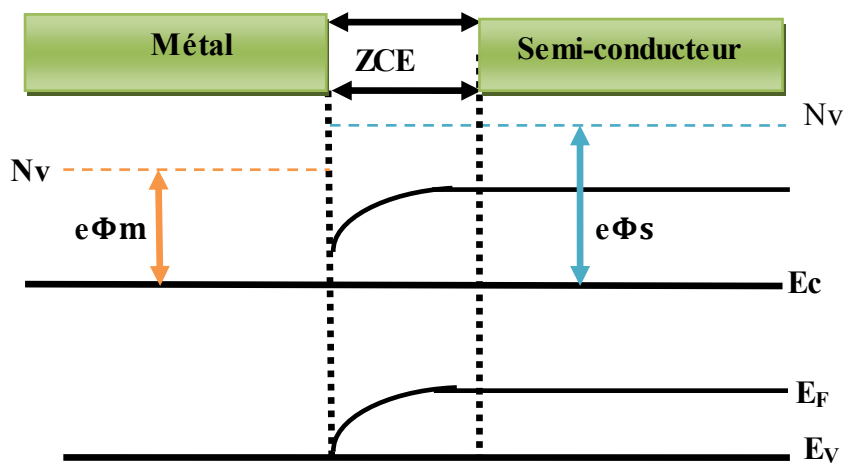
$$e\Phi_b = e\Phi_m - e\chi \tag{I.3}$$

Deux situations se rencontrer en fonction de la différence des travaux des Sortie : soit le travail de sortie du métal ( $e\Phi_m$ ) est supérieur à celui du semi-conducteur ( $e\Phi_s$ ), soit l'inverse.

**I.4.1 Contact ohmique :  $e\Phi_m < e\Phi_s$**

Dans ce cas, le travail de sortie du métal étant inférieur à celui du semi-conducteur, Après contact et à l'équilibre thermique, les électrons du métal passent vers la bande de conduction du semi-conducteur jusqu'à l'établissement de l'équilibre thermique .Il se produit une chute de potentiel ( $\Phi_m - \Phi_s$ ) à travers le semi-conducteur.

Les charges résultantes positives dans le métal et négatives dans le semi-conducteur , le niveau de Fermi se rapproche de la bande de conduction , Il y a donc une accumulation d'électrons à l'interface et le semi-conducteur se comporte alors comme un matériau très dopé . L'absence de barrière de potentiel et la zone de charge créent une diminution de résistance du contact métal semi-conducteur.

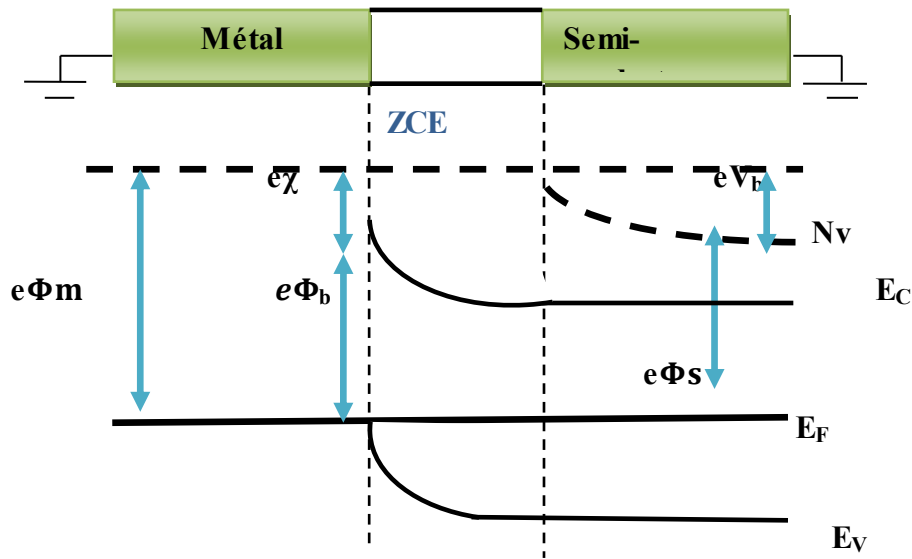


**Figure I.6:** Diagramme énergétique d'un contact métal-semi-conducteur à l'équilibre thermodynamique lorsque :  $e\Phi_m < e\Phi_s$ .

**I.4-2 Contact redresseur :  $e\Phi_m > e\Phi_s$**

Dans ce cas, que le niveau de Fermi du métal s'éloigne de la bande de conduction et se rapproche de la bande de valence ,et l'électrons vont donc transférer vers le métal et désertent le semi-conducteur . du fait de la très forte concentration électronique dans le métal et une zone vide

de porteurs côté semi-conducteur. Un champ électrique interne va se créer pour lutter contre cette diffusion, et le phénomène s'arrêtera en équilibre. Un effet redresseur.



**Figure I.7 :** Diagramme énergétique d'un contact métal-semi-conducteur à l'équilibre thermodynamique lorsque :  $e\Phi_m > e\Phi_s$ .

Lorsque les semi-conducteurs entrent en contact sous l'influence de la lumière, ils produisent un ensemble de paires trou-électrons au niveau de la région de charge d'espace, où les électrons se déplacent vers la bande de conduction ( $E_c$ ). De ces trous se combinent avec des pièges de surface, une photo tension est développée ce qui diminue la hauteur de la Barrière de potentiel  $e$  ( $V_{bi} - V_{op}$ ). Cette tension étant polarisée en réduisant la largeur de déplétion de la jonction  $W$ .

$V_{bi}$  : est le potentiel de barrière de la zone de charge d'espace. [2]

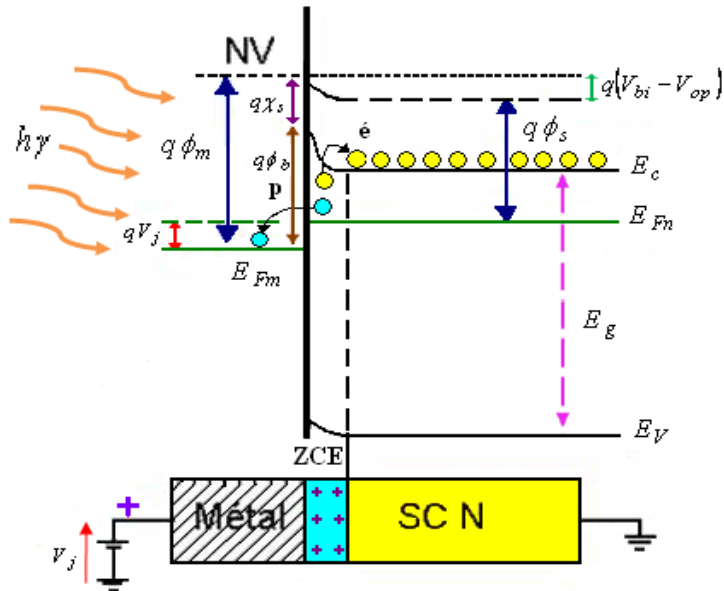


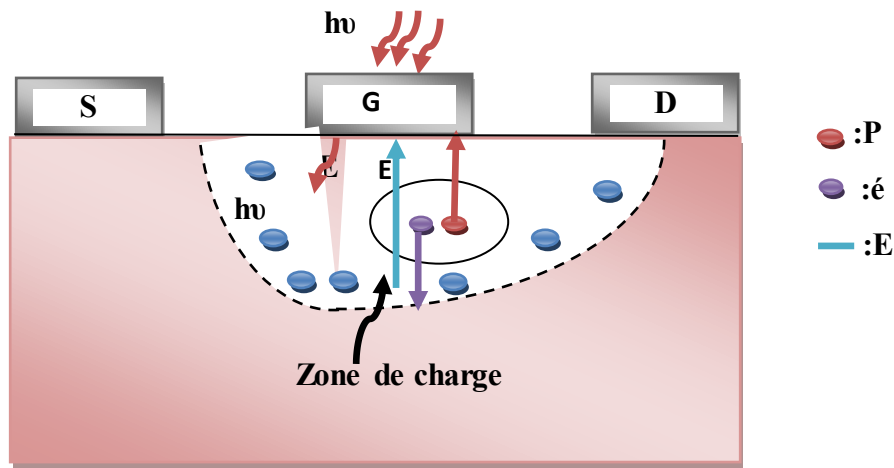
Figure I.8: Diagramme d'énergie après le contact sous la lumière.

### I.5 Barrière de potentiel et la zone de charge d'espace

Les électrons libre du semi-conducteur au voisinage de le regroupement métal semi-conducteur du contact Schottky migrent vers le métal laissant les atomes donneurs ionisés. ces atome forment à l'interface du coté semi-conducteur un endroit de charge d'espace (ZCE) favorable et un champ électrique ( $E$ ). A l'équilibre thermodynamique, le courant des électrons s'équilibre avec le courant de Conduction provoqué par  $E$ .

La courbure des bandes d'énergie arrive dans un lieu d'énergie variant de  $(eV_{bi})$ , « figure I.9 », «  $V_{bi}$  » correspond à la obstacle (barrière de potentiel) de que doivent vaincre les électrons de la bande de conduction du semi-conducteur pour passer dans le métal. Cet obstacle est principalement dépendant de la nature des éléments exploités pour faire l'organisation et des conditions de production. [2] [14]

Les réglages complémentaires chargées des attributs de l'OPFET comparativement à sa structure identique MESFET contraint à l'incidence de la lumière à travers une grille sont l'excès des paires électrons-trous générés du fait de l'absorption des photons dans la région d'appauvrissement en dessous de la grille et le quantité de trous recombinaison avec des pièges au niveau de la profondeur de la surface, une photo-tension  $V_{op}$  est développé à travers la barrière de Schottky réduisant la largeur de la zone de charge d'espace donc la courbure des bandes d'énergie varie de «  $q(eV_{bi} - V_{op})$  ».



**Figure I .9:** Zone de Charge d'Esace (ZCE) sous l'effèt de la lumière incidente.

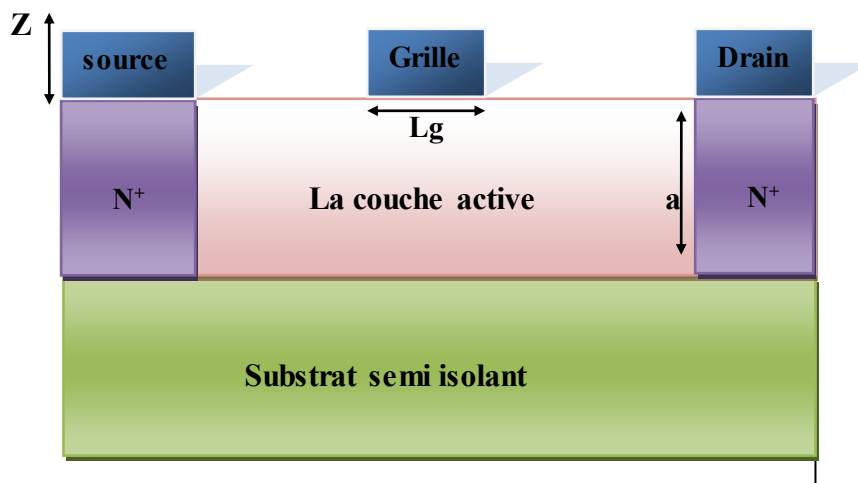
### I.6 Transistor à effet de champ a contact Schottky (MESFET)

#### I.6-1 Structures du MESFET GaAs

La structure du transistor à effèt de champ à grille Schottky à l'arséniure de gallium est représentée sur la figure (I-10). Il comporte un substrat semi isolant monocristallin en GaAs .

Sur ce substrat, une fine couche active dopée N d'arséniure de gallium GaAs est insérée. les principales dimensions géométriques sont représentées. La petite dimension de contact de grille «L» est appelée par convention longueur de grille du transistor elle est comprise entre 0.5 et 4 micron, La deuxième dimension est la largeur de grille « Z» et elle rend compte de la taille du transistor, L'épaisseur « a » de la couche active est généralement de 0.3 à 0.6 micron, et deux contact ohmique (source et drain), ainsi une grille métallique déposée entre drain-source.

La structure du transistor à effet de champ à barrière Schottky (Métal-Semi-conducteur Field Effèt Transistor) représentée au dessous. la jonction grille canal est remplacée par une barrière Métal-Semi-conducteur. La largeur du canal entre la source et le drain est modifiée par la variation de l'épaisseur de la ZCE de la barrière. [13]



**Fig I.10:** Structure du transistor MESFET GaAs.

### I.6-1-1 Principe de fonctionnement du MESFET :

Dans le transistor à effet de champ à barrière Schottky « MESFET », il y a une jonction métal semi-conducteur qui forme une diode de type Schottky, Lorsqu'un métal (grille) est mis en contact avec un semi conducteur (SC) de type N, les électrons du semi conducteur au voisinage du métal diffusent dans ce dernier laissant ainsi une zone dépeuplée sous la grille. La désertion est liée à différents paramètres tels que le matériau de la grille et les propriétés d'interface.

Si on applique une tension extérieure négative «  $V_{gs}$  » sur l'électrode de grille, celle-ci engendre une augmentation du champ « E ». La zone de charge d'espace s'étend dans le canal conducteur, une diminution de la valeur de la commande «  $V_{gs}$  » entraîne une augmentation de l'épaisseur de la zone de charge d'espace de la jonction. Cette variation engendre une diminution de la section du canal. Pour une tension «  $V_{gs} = V_p$  » ( $V_p$  : tension de pincement), la zone de charge d'espace occupe la totalité du canal. La résistance entre drain et source devient très élevée. [6] [10] [11].

Lorsque le  $V_{ds}$  il est varié pour plusieurs niveaux de  $V_{gs}$ , on génère un réseau de Caractéristiques donnant l'évolution du courant de sortie, il est constitué de deux parties : la zone linéaire et la zone de fonctionnement saturé.

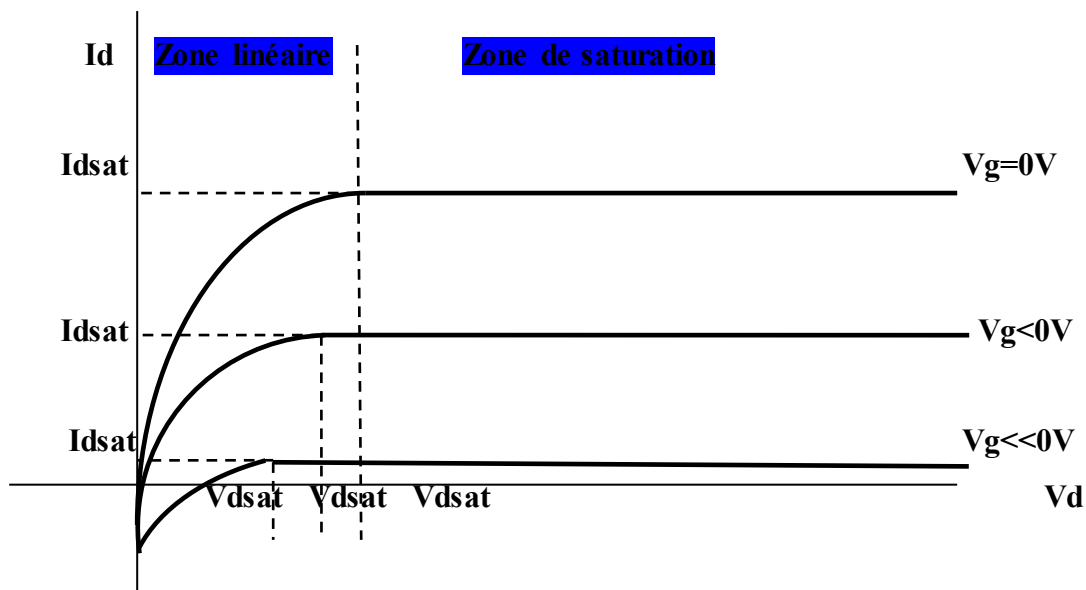


Figure I.11: Réseau de caractéristiques de sortie d'un MESFET.

#### • Zone de fonctionnement linéaire ( $V_{ds} \ll V_{dsat}$ ) :

Cette zone, appelée également zone ohmique correspond à une évolution quasi linéaire du courant de sortie  $I_d$  pour de faibles valeurs de  $V_{ds}$ . En effet, la section du canal conducteur est presque uniforme puisqu'elle dépend principalement de la commande  $V_{gs}$ . Le transistor se comporte ainsi comme une conductance contrôlée par la tension de grille.

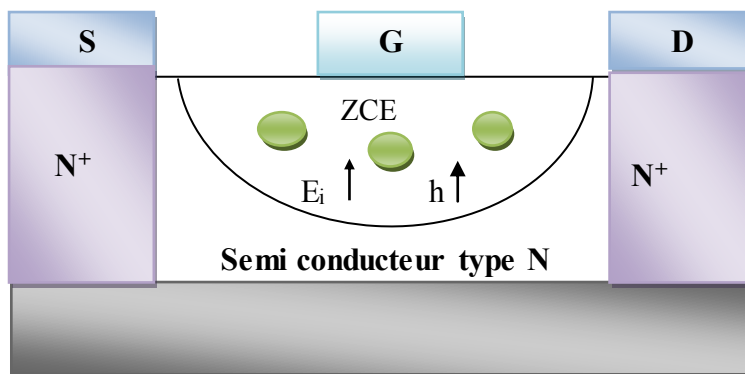
• **Zone de fonctionnement saturé**

**1-Régime de pincement ( $V_{ds} \leq V_{dsat}$ ) :**

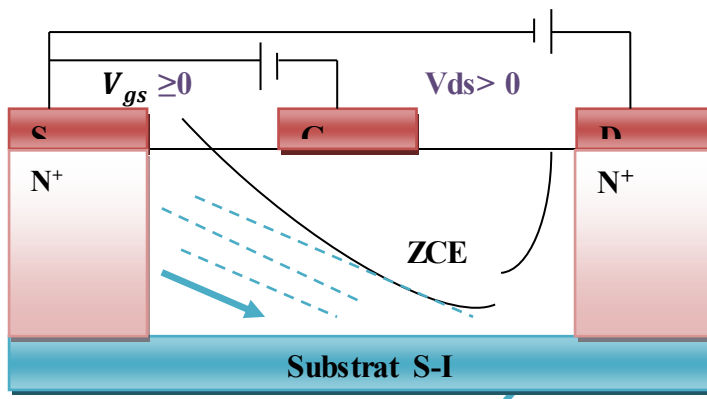
Lorsque  $V_{ds}$  augmente, le canal ne peut plus être considéré comme équipotentiel. L'extension de la zone de charge d'espace évolue tout au long du canal, elle est plus importante sous la grille du côté drain que du côté source, ce qui entraîne une augmentation de la résistance du canal et une faible variation du courant de drain avec la tension drain-source appliquée. Lorsque la largeur conductrice du canal devient nulle côté drain: le régime de pincement ( $V_d = V_{dsat}$ ) est ainsi atteint. la tension drain-source correspondante est appelée tension de saturation  $V_{dsat}$ , le courant correspondant est appelé courant de saturation ( $I_d = I_{dsat}$ ).

**2- Régime de saturation ( $V_{ds} > V_{dsat}$ )**

Si la tension  $V_{ds}$  atteint la valeur « $V_{dsat}$  » (tension de saturation), le régime de saturation apparaît. L'augmentation de la tension « $V_{ds}$  » au-delà de « $V_{dsat}$  » n'affecte pas l'évolution du courant de drain qui garde une valeur « $I_{dsat}$  » relativement constante (voir la figure (I.12)). Dans cette zone, la densité de porteurs est très faible. L'augmentation de la tension « $V_{ds}$  » au-delà de « $V_{dsat}$  » fait déplacer le point de pincement dans le canal vers la source. Le courant est transporté par les porteurs qui circulent dans le canal entre la source et le point de pincement. Ces porteurs sont ensuite injectés dans la zone de charge d'espace où ils sont soumis à un champ électrique favorable qui les diffuse vers l'électrode de drain.



**Figure I.12:** Zone de charge d'espace dans un MESFET non polarisé.



**Figure I.13:** Zone de charge d'espace dans un MESFET polarisé.

## **1.7 Éclairage de MESFET**

Le mécanisme de fonctionnement de GaAs MESFET dans la présence d'un éclairage est expliqué sur la base de l'effet photoconducteur et effet photovoltaïque et photo-tension. [13]

### **1.7-1 Effet photoconducteur**

C'est le phénomène dans lequel les photons dans l'incident la lumière sont absorbés, ce qui entraîne une augmentation de la génération de porteurs de charge gratuits qui à leur tour augmente la conductivité électrique de l'appareil.

Le mécanisme physique fondamental derrière l'optique l'illumination est l'absorption de photons dans la bande de valence du matériau créant ainsi des électrons et des trous. Les électrons photo-générés contribuent au courant de drain source lorsqu'un drain la tension est appliqué et les trous développent une tension photoélectrique à la jonction de Schottky.

### **1.7-2 Effet Photovoltaïque**

L'éclairage d'un MESFET à travers les zones inter-électrodes ou la grille par une intensité d'éclairage supérieure au gap crée des porteurs photo-générés en excès sous la grille, dans la couche active ce qui module le composant. L'effet photovoltaïque provoque une modification de la tension interne de la grille Schottky ainsi que de la conductivité du canal. Comme conséquence de l'effet photovoltaïque, l'apparition d'une tension directe à travers la jonction métal-semi-conducteur qui augmente avec l'augmentation de l'intensité du rayonnement incident.

### **1.7-3 Effet Photo-tension**

Le passage du photo-courant de la couche active vers la grille développe une photo-tension à travers la jonction Schottky. Ainsi, il se développe une tension-photoélectrique à travers la jonction Schottky qui se superpose à la polarisation de grille de manière à ce que la polarisation de la jonction de grille soit en direct. La tension-photonique développée modifie la hauteur de la barrière Schottky, modulant ainsi la zone de charge d'espace.

Par conséquent, le canal effectif se trouve également modulé; ce qui améliore les paramètres caractéristiques de l'OPFET. Ce résultat a été prouvé expérimentalement par A. A. A. D. Salles dans le cas où une résistance élevée ( $RG \geq 50 \text{ k}\Omega$ ) est connectée en série avec la grille. Notons que la tension photonique développée augmente avec l'augmentation de la densité d'illumination, ensuite elle se sature. Cette saturation est attribuée à la diminution de la durée de vie des porteurs en excès causée par l'augmentation du taux de recombinaison qui limite la photo-génération de ces porteurs. [14] [15]

## I.8 MESFET GaAs sous la lumière (OPFET)

### I.8-1 Structure

La structure OPFET GaAs considérée est similaire au conventionnel sauf que la porte en métal a été supposée semi-transparente. Dans la présente analyse, la couche épitaxiale est considérée uniformément dopée avec un matériau de type n. Le drain de la source le courant circule dans la direction horizontale  $x$  et l'incident rayonnement optique le long de la direction  $y$  verticale pour la portail en métal semi-transparent. L'Absorption du rayonnement dans le semi-conducteur entraîne la génération d'électrons en excès paires de trous, le courant entre les bornes de drain et de source s'écoule perpendiculairement à la direction d'incidence du faisceau optique. Par conséquent, le flux de charge se produit dans le sens horizontal. Le rayonnement incident est caractérisé par sa densité de puissance optique  $P_{opt}$  en watts par mètre carré ( $W/m^2$ ), et subir une réflexion à la surface du métal et à l'interface métal-semi-conducteur. [2]

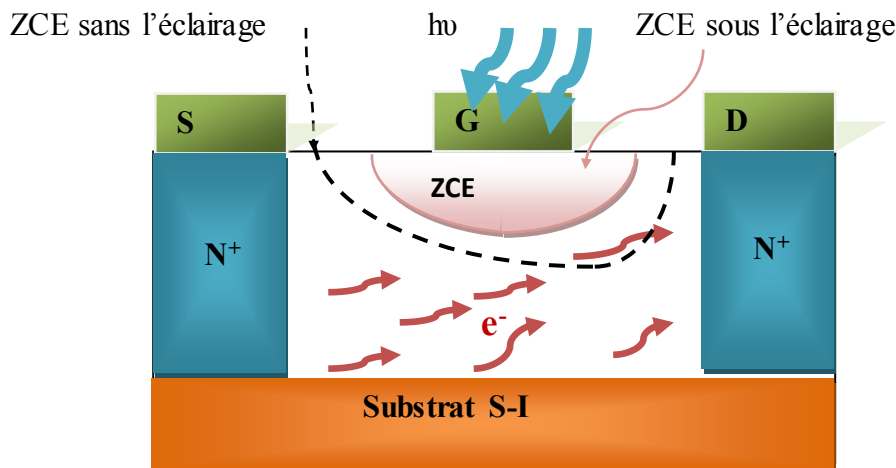


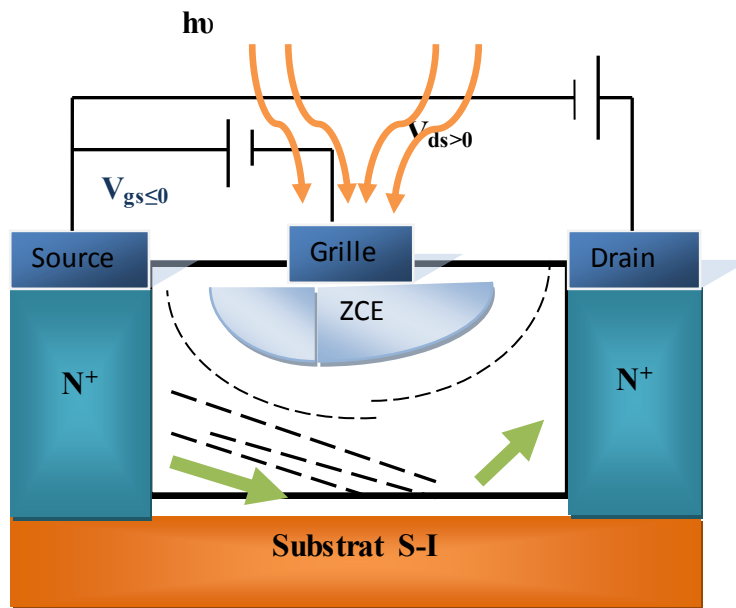
Figure I.14: Structure MESFET GaAs sous la lumière (OPFET).

### I.8-2 Principe du fonctionnement de MESFET GaAs sous la lumière :

Lorsqu'un dispositif MESFET au GaAs est éclairé optiquement, des phénomènes d'absorption se produisent dans les régions grille-drain et grille-source, Il est entendu que le signal optique reçu génère une paire électron-trou dans le semi-conducteur, Il a été produit dans la région de canal et de la zone de charge d'espace(ZCE)de la jonction Schottky. les électrons générés optiquement se déplacent dans la direction du canal en raison de l'application de la tension de drain, comme ils contribuent au courant ,les trous se déplacent à leur tour dans la direction opposée combinée aux



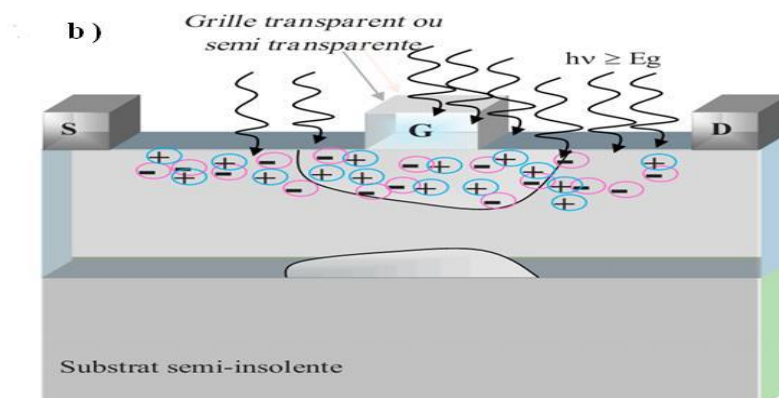
états de surface, Pour cette raison les électrons traversant la jonction, une photo-tension est développée. Cette tension étant polarisée en réduisant la largeur de la zone de déplétion. [2]



**Figure I.15** : Principe de fonctionnement du MESFET (OPFET)GaAs sous la lumière

### I.8.3 Phénomènes de génération – recombinaison dans un OPFET GaAs

Dans le cas d'un OPFET, dans les régions neutres et en absence de tout champ électrique appliqué, le transport des porteurs est assuré par des processus de diffusion et de recombinaison. Cependant, dans les régions de déplétion, les phénomènes de dérive et de recombinaison sont à l'origine de ce transport. Notons que les trous générés dans une région de déplétion sont respectivement entraînés vers le métal de grille et le substrat semi isolant par la présence d'un fort champ électrique dans cette région. Quant aux trous en excès, photo-générés dans la région neutre du canal, diffusent vers la région de déplétion et, ensuite vers le métal de la grille . [14]



**Figure I-16** : MESFET sous effet Photonique.

Par contre, les électrons créés dans la région de déplétion sont déplacés vers le canal ainsi que les électrons photo-générés dans le substrat près de la jonction canal/substrat. Le paramètre

responsable de ce processus est la différence de potentiel entre le métal et le semi-conducteur. Il est évident que les électrons et les trous créés participent au processus de conduction. Notons que les trous qui se recombinent avec les centres de piégeage influencent les propriétés électriques du composant via l'apparition d'un courant de fuite de grille. [16]

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude sur les semi-conducteurs et son importance dans la conception de MESFET en raison de ses propriétés électroniques et optiques et de sa formidable capacité d'absorption de la lumière. Ainsi que l'effet de photovoltaïque et photoconducteur à travers l'éclairage de MESFET GaAs et le principe de fonctionnement de MESFET GaAs, et puis les caractéristiques principales du composant MESFET GaAs sous l'incidence de la lumière en précisant la structure OPFET, et le principe de fonctionnement .

**Chapitre II: Modélisation du MESFET  
optique GaAs (OPFET)**

## II.1 Introduction

La détermination de la caractéristique du (OPFET) donné par la loi  $I_{dsop} = (Vg, Vd)$  est primordiale pour comprendre son comportement, plusieurs expressions analytiques ont été proposées depuis 1952.

Dans ce chapitre nous présentons Les expressions analytiques obtenues à l'aide de l'équation de Poisson unidimensionnelle ont été résolues numériquement pour obtenir les caractéristiques I-V du dispositif MESFET GaAs dans la condition d'éclairage(OPFET), ainsi l'influence des paramètres géométrique et physique sur ses caractéristiques.

## II .2 Distribution de charge uniforme

Pour une région N uniformément dopée, avec l'approximation du canal graduel, nous supposons que le semi-conducteur est homogène avec une densité de donneurs  $N_d$  qui soit ionisée à la température ambiante et on admet que la densité des états d'interface est négligeable.

Nous supposons que la zone de charge d'espace est vide de porteurs libres et nous appelons h la largeur de cette zone ,La densité de charge dans le semi-conducteur s'écrit :

$$\begin{aligned} \rho &= q N_D \quad 0 < y < h \\ \rho &= 0 \quad y > 0 \end{aligned} \tag{II.1}$$

L'équation de Poisson s'écrit dans la première zone :

$$\frac{d^2 \psi(y)}{dy^2} = \frac{-qN_D}{\epsilon} \tag{II.2}$$

Avec :  $\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_{GaAs}$

Après une première intégration(II.2), nous obtenons, avec la condition  $E=0$  pour  $y \geq h$  :

$$\frac{d\psi(y)}{dy} = -E(y) = \frac{qN_D}{\epsilon} (y - h) \tag{II.3}$$

Le champ électrique varie linéairement dans la zone de charge d'espace, sa valeur à

l'interface est :  $E = \frac{qN_D}{\epsilon} h$  (II.4)

La répartition du potentiel s'obtient par intégration du champ électrique, en prenant

l'origine des potentiels à l'interface.

Le potentiel, prend sa valeur maximale à  $y=h$  qui est la tension de diffusion  $V_{bi}$  ou potentiel interne. Cette tension de diffusion est donnée par la différence des travaux de sortie du métal et du semi-conducteur :

$$qV_{bi} = q(\Phi_m - \Phi_s) \quad (\text{II.5})$$

Elle correspond à la différence de potentiel entre les deux bornes de la zone de charge d'espace du semi-conducteur.

$$V_{bi} = V(y = h) - (y = 0) = \frac{qN_d}{2\varepsilon} \quad (\text{II.6})$$

D'où l'expression de la largeur de la zone de charge d'espace à l'équilibre :

$$h = \sqrt{\frac{2\varepsilon V_{bi}}{qN_d}} = \left[ \frac{2\varepsilon}{N_d} (\Phi_m - \Phi_s) \right]^{1/2} \quad (\text{II.7})$$

Pour une structure polarisée par une tension  $V$ , la barrière de potentiel devient  $(V_{bi} - V)$  et la largeur de la zone de charge d'espace devient :

$$h(V) = \left[ 2\varepsilon \frac{(V_{bi}-V)}{qN_d} \right]^{1/2} \quad (\text{II.8})$$

### II.3 Mécanismes de transport des porteurs de charge

Les équations de base de transport des porteurs de charge sont données par :

$$J_n = qn \mu_n E + qD_n \nabla_n \quad \text{Pour les électrons.} \quad (\text{II.9})$$

$$J_p = qp \mu_p E + qD_p \nabla_p \quad \text{Pour les trous.} \quad (\text{II.10})$$

$D_n$  et  $D_p$  sont les coefficients de diffusion des électrons et des trous reliés par la relation d'Einstein :

$$D_n = \frac{KT\mu_n}{q} \quad \text{et} \quad D_p = \frac{KT\mu_p}{q}$$

### II.4 Equation de fonctionnement de MESFET GaAs

La densité de courant  $J_x$  en un point du canal conducteur s'écrit:

$$J_x = \sigma(x, y, z).E_x = \sigma(y).E_x = -\rho(y).v(E_x) \quad (\text{II.11})$$

$$\text{➤ } \sigma(y) = P(y). \mu(E_x)$$

$$\text{➤ } v(x) = -\mu(E_x) . E_x$$

$$\triangleright \rho(y) = q \cdot n(y)$$

Les grandeurs physiques qui interviennent dans ces équations sont les suivantes :

$E(x)$  :est le champ électrique

$J_x$  :est la densité de courant de conduction,

$\sigma$  :est la conductivité du canal,

$\rho$  :est la densité de charges d'espace dans le semi conducteur.

$n(y)$  :La densité des porteurs en ( $m^{-3}$ )

$v(E_x)$  : La vitesse des porteurs en ( $ms^{-1}$ )

## II.5 Détermination du terme unidimensionnel de potentiel

Le potentiel dans la zone de charge d'espace du canal est donné par l'intégration de l'équation de poisson : [26] [27]

$$\nabla^2 \psi = \frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{d^2 \psi}{dy^2} + \frac{d^2 \psi}{dz^2} = \frac{-\rho(x,y,z)}{\epsilon} \quad (\text{II.12})$$

Le dopage de la couche active est homogène dans le plan de la structure, mais peut varier dans la direction perpendiculaire avec la profondeur  $y$  de sorte qu'on a  $N_d = N_d(y)$ .

On admet en outre que tous les donneurs sont ionisés à température ambiante. Ainsi la densité de charge d'espace dans le semi conducteur sous la grille s'écrit :

$$\rho(y) = qN_d(y) \quad (\text{II.13})$$

Ce D'autre part, dans la mesure où la longueur du canal est beaucoup plus importante que l'épaisseur  $h$  de la zone de charge d'espace; la variation du champ électrique est alors beaucoup plus importante dans la direction perpendiculaire à la structure que dans la direction longitudinale qui permet de ramener l'équation de Poisson à une direction. [27] [28]

$$\frac{d^2 v(y)}{dy^2} = \frac{-qN_d(y)}{\epsilon} \quad (\text{II.14})$$

On intègre les deux membres (II.14) entre  $h(x)$  et  $y$ , avec la condition  $\frac{dv(y)}{dy} = 0$  en

$y = h(x)$  On obtient

$$\frac{dv(y)}{dy} = \frac{1}{\varepsilon} \int_{h(x)}^y qN_d(y) dy = \frac{1}{\varepsilon} \left[ \int_0^{h(x)} qN_d(y) dy - \int_0^y qN_d(y') dy' \right] = \frac{1}{\varepsilon} [Q(h(x)) - Q(y)] \quad (\text{II.15})$$

On intègre encore une fois  $h(x)$  à y l'équation (II.15).le premier membre s'écrit ainsi :

$$\int_{h(x)}^y dv(y) = \int_0^y dv(y) - \int_0^{h(x)} dv(y) = v(y) - v(h(x)) \quad (\text{II.16})$$

Le second membre s'écrit :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\varepsilon} \int_{h(x)}^y [Q(h(x)) - Q(y)] dy &= \frac{1}{\varepsilon} \int_0^y [Q(h(x)) - Q(y')] dy' - \frac{1}{\varepsilon} \int_0^{h(x)} [Q(h(x)) - Q(y)] dy \\ &= \frac{1}{\varepsilon} \int_0^y [Q(y) - Q(y')] dy' + \frac{1}{\varepsilon} \int_0^y [Q(h(x)) - Q(y)] dy' - \frac{1}{\varepsilon} \int_0^{h(x)} [Q(h(x)) - Q(y)] dy \end{aligned} \quad (\text{II.17})$$

On utilise le passage :

$$\int_0^{h(x)} [Q(h(x)) - Q(y)] dy = \int_0^{h(x)} y \rho(y) dy \quad (\text{II.18})$$

Pour le premier et le dernier terme. le second terme est simple, il devient

$$\begin{aligned} \frac{1}{\varepsilon} \int_0^y [Q(h(x)) - Q(y')] dy' &= \\ &= \frac{1}{\varepsilon} \int_0^y qN_d(y') y' dy' + \frac{1}{\varepsilon} y \int_y^{h(x)} qN_d(y') dy' - V(h(x)) + V(y=0) \end{aligned} \quad (\text{II.19})$$

Par identification entre (II.16)et (II.19)avec la condition  $V(0) = v_{bi} - v_g - v_{op}$  , on obtient :

$$V(y) = \frac{1}{\varepsilon} \int_0^y qN_d(y') y' dy' + \frac{1}{\varepsilon} y \int_y^{h(x)} qN_d(x, y') dy' + v_{bi} - v_g - v_{op} \quad (\text{II.20})$$

Le potentiel dans le canal conducteur s'obtient en portant  $y=h(x)$  soit :

$$V(y) = \frac{1}{\varepsilon} \int_0^{h(x)} qv_{bi}(y') y' dy' + v_{bi} - v_g - v_{op} \quad (\text{II.21})$$

Pour un dopage uniforme, et pour une zone de charge d'espace vide de porteurs, on a

$$N_d(y) = N_d$$

$$V(y) = \frac{qN_d y^2}{2\varepsilon} + \frac{qN_d y}{\varepsilon} h(x) + v_{bi} - v_g - v_{op} \quad (\text{II.22})$$

Et par conséquent :

$$V(y) = \frac{qN_d h^2(x)}{2\varepsilon} + v_{bi} - v_g - v_{op} \quad (\text{II.23})$$

Et dans le canal conducteur on a pour  $h(x) = y$  :

$$E = E_x = \frac{qN_d h(x)}{\varepsilon} \frac{dh(x)}{dx} \quad (\text{II.24})$$

Pour expliciter le champ électrique et le potentiel, il faut connaître l' expression de  $h(x)$ . Dans la suite on se placera dans l'hypothèse du canal graduel, qui nous permettra de calculer son expression en fonction de  $h_s$  et  $h_d$ , ses valeurs côté source et côté drain respectivement :

$$h(x) = \frac{h_d - h_s}{L} x + h_s \quad (\text{II.25})$$

$$h(x) = \left[ \frac{2\varepsilon}{qN_d} (v_{bi} + v(x) - v_g - v_{op}) \right]^{1/2} \quad (\text{II.26})$$

Et la largeur d'appauvrissement coté source et coté drain aux extrémités respectivement donnés par:

$$h_s = \left[ \frac{2\varepsilon}{qN_d} (v_{bi} - v_g - v_{op}) \right] \quad (\text{II.27})$$

$$h_d = \left[ \frac{2\varepsilon}{qN_d} (v_{bi} + v_{ds} - v_g - v_{op}) \right] \quad (\text{II.28})$$

$v_{bi}$ : est la tension de diffusion de la jonction, l'expression de cette tension est donnée par :

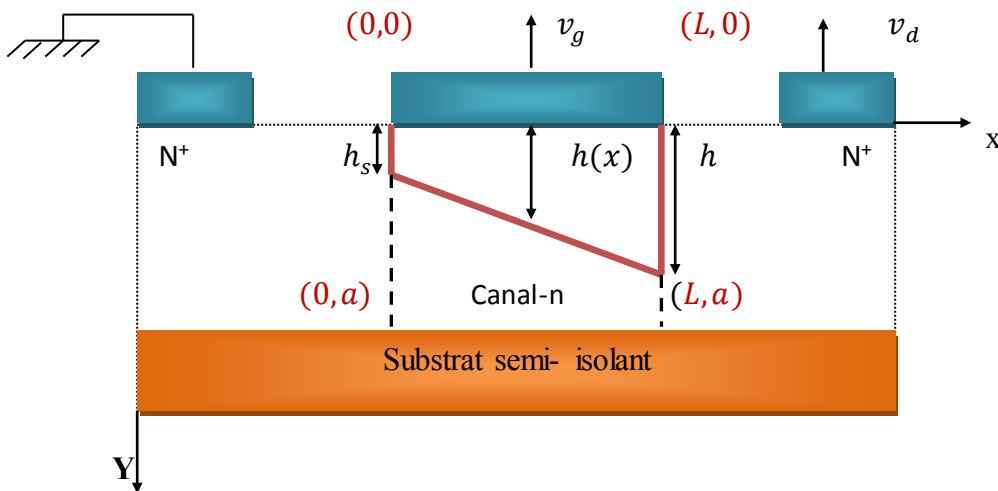


Figure II.1 : Structure idéalisée du MESFET.



## II.6 Détermination de l'expression de courant selon les différents régimes de fonctionnement

Pour trouver l'expression du courant de drain en fonction de la tension du dispositif MESFET GaAs sous l'effet de la lumière (OPFET), on intègre la charge totale dans la région du canal non appauvrie sous l'illumination. La paire de trous d'électrons en excès générée dans le canal module la conductivité. La tension photoélectrique développée à travers la barrière de Schottky réduit la largeur de la région d'appauvrissement.

Ainsi, la conductivité du canal et la conductance du canal sont affectées à l'état éclairé. Cela entraîne une modification importante du courant de drain sous illumination. Cependant, dans GaAs, la recombinaison de surface MESFET tend à réduire cet effet dans une certaine mesure.

La charge totale dans la région de déplétion en dessus du canal due à des supports dopants et générés optiquement est donnée par :

$$Q_{cop}(V_x) = aqzL_g N_d - \frac{qzL_g N_d}{2} \left[ \left( \frac{2\varepsilon}{qN_d} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ (V_{bi} - V_g + V_d - V_{op})^{\frac{1}{2}} \right. \right. \\ \left. \left. + (V_{bi} - V_g + V_d - V_{op})^{\frac{1}{2}} \right\} \right] \\ + \frac{p_{op}}{h\nu} (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha a)) \tau_L z q L_g - qRzL_g \quad (\text{II.29})$$

La concentration de porteurs par unité de surface dans le canal en présence d'une illumination en régime permanent peut être obtenue comme suit:

$$\rho_{cop}(V_x) = \frac{N_d}{2} \left[ 2a - \left( \frac{2\varepsilon}{qN_d} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ ((V_{bi} - V_g + V_s - V_{op})^{\frac{1}{2}} + (V_{bi} - V_g + V_x - V_{op})^{\frac{1}{2}}) \right\} \right] \\ + \frac{p_{op}}{h\nu} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha a)) - R\tau_L \quad (\text{II.30})$$

Le courant de drain sous l'éclairage peut être obtenu à partir de l'intégrale de la concentration de porteurs par unité de surface ( $\rho_{cop}$ ) de 0 à  $V_{ds}$  :

$$I_{dop} = \frac{q\mu_n z}{L_g} \int_0^{V_{ds}} \rho_{cop}(V_x) dV_x \quad (\text{II.31})$$

Par suite, en remplaçant  $\rho_{cop}$  par l'expression (II.30) et en intégrant, on obtient

$$I_{dop} = \frac{q\mu_n z N_d}{2L_g} \int_0^{V_{ds}} \left\{ \left[ 2a - \left( \frac{2\varepsilon}{qN_d} \right)^{\frac{1}{2}} (V_{bi} - V_g + V_x - V_{op})^{\frac{1}{2}} \right] \right\} dV_x \\ + \frac{q\mu_n z}{2L_g} \int_0^{V_{ds}} \left\{ \left[ \frac{p_{op}}{h\nu} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha a)) - R\tau_L \right] \right\} dV_x \quad (\text{II.32})$$

A partir de la solution approximative de l'équation de Poisson, l'épaisseur de la largeur de la zone de charge d'espace  $u_x$  est donnée par :

$$u_x = \left[ \frac{2\varepsilon}{qN_d} ((V_{bi} - V_g + V_x - V_{op})) \right]^{1/2} \quad (\text{II.33})$$

Où  $V_x$  est le potentiel au point considéré.

Et la tension de pincement donner par ( $V_p = V_{bi} - V_g - V_{op}$ ), cette tension représente l'écart entre la barrière de potentiel ( $V_{bi}$ ) du contact schottky et la tension de seuil ( $V_{th}$ ), si la valeur de  $u_x$  est maximal ( $u_x = a$ ).

$a$  est l'épaisseur de la zone active du canal.

La tension  $V_{th}$  représente la tension de grille pour laquelle l'extension de la zone de charge d'espace dépeuplée de porteurs s'effectue dans tout le semi conducteur.

$$V_{th} = V_{bi} - V_p - V_{op} \quad (\text{II.34})$$

$V_{bi}$  est la tension de la barrière Schottky.

$$I_{dop} = \frac{q\mu_n z N_d}{2L_g} \int_0^{V_{ds}} \left\{ 2a - \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{2\varepsilon}{qN_d} \right)^{\frac{1}{2}} \left( (V_{bi} - V_g + V_d - V_{op})^{\frac{3}{2}} (V_{bi} - V_g - V_{op})^{\frac{3}{2}} \right) \right] \right\} \\ + \frac{q\mu_n z}{L_g} \left[ \frac{p_{op}}{h\gamma} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha a)) - R\tau_L \right] V_{ds} \quad (\text{II.35})$$

En posant :

$$I_p = \frac{(qN_d)^2 \mu_n z a^3}{2\varepsilon L_g} \text{ et } V_p = \frac{qN_d a^2}{2\varepsilon} \quad (\text{II.36})$$

L'expression finale du courant  $I_{dop}$  est :

$$I_{dop} = I_p \left\{ \frac{V_d}{V_p} - \frac{2}{3} \left[ \left( \frac{V_{bi} - V_g + V_d - V_{op}}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{V_{bi} - V_g - V_{op}}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \right\} \\ + \frac{q\mu_n z}{L_g} \left[ \frac{p_{op}}{h\gamma} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha a)) - R\tau_L \right] V_d \quad (\text{II.37})$$

Cette expression détermine la variation du courant de drain en fonction des deux tension de polarisation se réécrit différemment, selon le régime de fonctionnement du transistor et qui dépend essentiellement de la valeur de la tension de drain  $V_d$ .

A partir de l'équation de ( $I_{dop}$ ), déterminer les équation correspondante aux deux régime de fonctionnement, ces régime sont :

## Régime linéaire

Dans cette région, le courant de drain varie linéairement avec la tension de drain  $V_d$ .  
si la tension de drain est faible et vérifie la condition suivante :

$$V_d \ll V_{bi} - V_g - V_{op}$$

L'équation ( $I_{d.op}$ ) peut être écrite sous la forme suivante :

$$I_{d.op} = \frac{I_p}{V_p} \left\{ 1 - \sqrt{\frac{V_{bi} - V_g - V_{op}}{V_p}} \right\} V_d + \frac{qzN_d}{L_g} \left[ \frac{p_{op}}{h\nu} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha \cdot a)) - (R\tau_L) \right] V_d \quad (\text{II-38})$$

## Régime saturé

Dans cette région, le courant se sature à la valeur  $I_{dsop}$ . Cette région de caractéristiques est connue comme étant la région de saturation.

Le courant dans ce cas peut être évalué à partir de l'équation (II-36), en évaluant le courant de drain au point de pincement, en posant :  $V_p = V_{bi} - V_g - V_{op}$

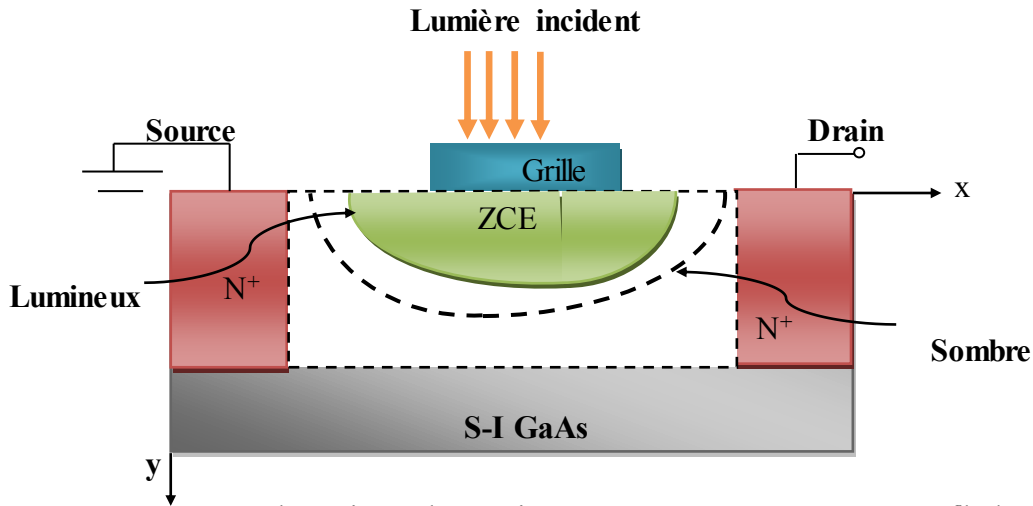
$$I_{dsat} = I_p \left\{ \frac{2}{3} - \left[ \left( \frac{V_{bi} - V_g - V_{op}}{V_p} \right) - \frac{2}{3} \left( \frac{V_{bi} - V_g - V_{op}}{V_p} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \right\} + \frac{qzN_d}{L_g} \left[ \frac{p_{op}}{h\nu} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha \cdot a)) - (R\tau_L) \right] V_{dsat} \quad (\text{II-39})$$

$V_{dsat}$  : est la tension de drain de saturation donnée par :

$$V_{dsat} = V_p + V_g - V_{bi} + V_{op}$$

## II .7 Composant optique à effet de champ à barrière Schottky MESFET GaAs(OPFET)

Comme un certain nombre de recherches de travaux théoriques et expérimentaux ont été signalés sur la commande optique MESFET. Un modèle analytique simple d'un ion implanté MESFET GaAs est utile pour la conception assistée par ordinateur de composants et circuits intégrés (IC). Examiner les caractéristiques optiques contrôlées de MESFET GaAs est nécessaire d'utiliser un modèle de grille éclairé photo-détecteur MESFET et compte tenu de l'effet du canal court voir figure.



**Figure II-2** : Structure schématique du transistor MESFET GaAs avec un profil de canal actif sous sombre ( $P_{opt} = 0$ ) et les conditions lumineuses.

Dans la présente analyse, le rayonnement incident a été caractérisé en termes de densité de puissance incidente optique  $P_{opt}$  (W/m<sup>2</sup>) qui subit une réflexion à la surface du métal ainsi qu'à l'interface métal-semi-conducteur. En supposant que la densité de puissance optique pour diminuer de façon exponentielle avec la profondeur de pénétration dans le semi-conducteur, les porteurs en excès générés par unité de volume à l'intérieur du semi-conducteur peuvent être s'écrit comme:

$$\Delta n = G_{op} \cdot \tau_L = \frac{(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op} \cdot \tau_L}{ah\gamma} (1 - \exp(-\alpha \cdot a)) \quad (\text{II-40})$$

Avec:

$G_{op}$ : est le taux de génération optique par unité de volume.

$\alpha$ : est le coefficient d'absorption optique.

$\tau_L$ : est la durée de vie des porteurs minoritaires dans la condition d'illumination.

$R_m$  et  $R_s$ : sont les coefficients de réflexion des surfaces métalliques et semi-conducteurs, respectivement, à la longueur d'onde de fonctionnement  $\lambda$ ,

$a$ : est la largeur de la zone active,  $h$  est la constante de Planck,  $\gamma$  est la fréquence de fonctionnement.

## II.8 La vie des transporteurs minoritaires sous l'éclairage

Les porteurs en excès générés dans la région en dessous de la grille de GaAs affectent la durée de vie des porteurs minoritaires. La durée de vie des porteurs minoritaires sous l'effet de la lumière  $\tau_L$  peut être obtenue à partir de:

$$\tau_L = \left( \frac{n_i}{n_i + \Delta n} \right) \tau_p \quad (\text{II-41})$$

$n_i$ : est la concentration intrinsèque des porteurs dans le semi-conducteur.

$\tau_p$ : est la durée de vie des porteurs minoritaires à l'équilibre.

$\Delta n$  : sont les porteurs photo excédentaires générés dans le semi-conducteur.

D'après l'association de l'équation avec on obtient :

$$\tau_L = \frac{n_i \tau_p}{n_i + \frac{(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op}}{ah\gamma} \tau_L (1 - \exp(-\alpha \cdot a))} \quad (\text{II-42})$$

$$n_i \tau_p = n_i \tau_L + \frac{(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op}}{ah\gamma} \tau_L^2 (1 - \exp(-\alpha \cdot a)) \quad (\text{II-43})$$

$$\frac{(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op}}{ah\gamma} \tau_L^2 (1 - \exp(-\alpha \cdot a)) + n_i \tau_L - n_i \tau_p = 0 \quad (\text{II-44})$$

Nous résolvons l'équation du deuxième degré par la formule quadratique :

$$\tau_L = \frac{-n_i \pm \sqrt{n_i^2 + \frac{4(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op} \cdot n_i G_p (1 - \exp(-\alpha \cdot a))}{ah\gamma}}}{\frac{2(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op}}{n_i ah\gamma} (1 - \exp(-\alpha \cdot a))} \quad (\text{II-45})$$

Après quelques simplifications simples, on peut écrire l'expression de  $\tau_L$  comme suit :

$$\tau_L = \frac{\left\{ 1 + \frac{(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op} \cdot G_p (1 - \exp(-\alpha \cdot a))}{n_i ah\gamma} \right\}^{1/2} - 1}{\frac{2(1-R_m)(1-R_s) \cdot p_{op}}{n_i ah\gamma} (1 - \exp(-\alpha \cdot a))} \quad (\text{II-46})$$

## II.9 Tension photo-induite

La tension photonique de circuit ouvert,  $V_{op}$ , appelée également le photo-voltage, générée au contact de grille en présence de recombinaisons en surface est donnée par la relation suivante :

$$V_{op} = \left( \frac{\eta K T}{q} \right) \ln \left[ \frac{q G_{op} \sqrt{\frac{K T \mu_p \tau_L}{q}} - R q}{J_s} \right] \quad (\text{II-47})$$

Avec :

$T$  : est la température absolue

$K$  : est la constant de Boltzmann

$q$  : est la charge électronique

$\eta$  : est la constant en fonction du semi-conducteur

$\mu_p$  : est la mobilité de trou de GaAs et  $J_s$  est la densité de courant de saturation

Lorsque l'éclairage direct de la grille ,le photo-voltage  $V_{op}$  au contact de grille de Schottky, ce qui réduit efficacement la polarisation inverse appliquée sur la grille  $Vg$ . Cependant, la tension photo-induite est fortement influencée par la recombinaison de surface, la durée de vie des porteurs minoritaires à l'état éclairé et la résistance externe présente dans le circuit de polarisation de grille.

La densité de courant dans un semi-conducteur à forte mobilité tel que GaAs peut être approximée par la théorie de l'émission thermoïnique et exprimée sous la forme :

$$J_s = A^* T^2 \exp\left(\frac{q\phi_{Bn}}{KT}\right) \quad (\text{II-48})$$

$A^*$  est la constant de Richardson effective pour l'émission thermoïnique.

$q\phi_{Bn}$  est la hauteur de la barrière du contact Schottky à l'équilibre thermique.

Le taux de recombinaison de surface  $R$  s'écrit comme :

$$R = \frac{N_t K_n K_p (n_s p_s - n_t p_t)}{K_n (n_s + n_t) + K_p (p_s + p_t)} \quad (\text{II-49})$$

Ou  $K_p$  et  $K_n$  sont respectivement les coefficients de capture des électrons et des trous.  $p_s$  et  $n_s$  sont les concentrations des porteurs en surface, avec :

$$n_s = \frac{\alpha p_{op} (1 - R_m)(1 - R_s) \tau_n}{hV}$$

$$p_s = \frac{\alpha p_{op} (1 - R_m)(1 - R_s) \tau_p}{hV}$$

## II .10 Effet de la mobilité variable sur les caractéristique I-V

L'hypothèse de mobilité constante et indépendante du champ électrique dans les Semi-conducteurs (dans notre cas le GaAs de type N) ne peut pas traduire les phénomènes physiques dans ces matériaux.

L'expression analytique des variations de la mobilité des électrons en fonction du champ électrique dans l'arséniure de galium GaAs, que nous utilisons est une relation simplifiée donnée comme suit :

Dans le domaine des faibles champs électriques où «  $E < E_0$  », les électrons sont en équilibre thermodynamique avec le réseau et leur mobilité est constante et indépendante du champ électrique.

$$\mu = \mu_0$$

Lorsque le champ électrique devient important «  $E \geq E_0$  », les interactions des porteurs avec les vibrations du réseau entraînent une diminution de la mobilité des électrons. Cette diminution de la mobilité se traduit par une variation non linéaire de la vitesse de dérive des électrons. La loi de variation de cette mobilité en fonction du champ électrique dans ce cas, est donnée par :

$$\mu = \frac{\mu_0}{\left[1 + \left(\frac{E-E_0}{E_c}\right)^2\right]^{1/2}} \quad (\text{II-50})$$

Dans le domaine des champs électriques faibles, les porteurs libres sont en équilibre thermodynamique avec le réseau et leur vitesse moyenne est proportionnelle au champ électrique

$$v(E) = E \times \mu_0$$

$$\text{Ou : } \mu_0 = \frac{q\tau}{m^*}$$

Avec  $\tau$ : temps de relaxation et  $m^*$  masse effective de l'électron.

Lorsque le champ électrique est élevé, le transfert intervalles des électrons induit dans le GaAs une décroissance de la vitesse des porteurs et entraîne une mobilité différentielle fortement négative. Cependant, il n'existe pas une loi qui traduit réellement les variations de cette mobilité avec le champ électrique et plusieurs expressions analytiques approchées ont été proposées pour cette fonction.

D'où les expressions des mobilités :

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_1(E) = \frac{\mu_n}{1 + \left(\frac{E}{E_c}\right)} \\ \mu_2(E) = \frac{\mu_n + v_s \left(\frac{E^3}{E_c^4}\right)}{1 + \left(\frac{E}{E_c}\right)^4} \\ \mu_3(E) = \frac{v_s}{E} \tanh\left(\frac{\mu_n E}{v_s}\right) \end{array} \right. \quad (\text{II-51})$$

$E_c = v_s/\mu_n$ , Ou  $\mu_n$  est la mobilité des électrons à faible champ électrique, et  $v_s$  leur vitesse de saturation.

## II.11 Effet des résistances parasite sur les caractéristique I-V

L'effet transistor d'un MESFET est du à une modulation de la résistance du canal par l'application d'une polarisation inverse sur la grille. Dans les composants réels il existe des résistances séries non modulées à la fois près de la source et près du drain. Ces résistances  $R_s$  et  $R_d$  introduisent une chute de tension ohmique entre le canal et les contacts de source et de drain et pour diminuer leurs effets, on insère une couche fortement dopée  $N^+$  afin de réaliser un contact ohmique.

Pour obtenir les expressions réelles des caractéristiques ( $I_{dop}, V_{ds}, V_{gs}$ ), il suffit de remplacer les termes intrinsèques par les termes extrinsèques

dans toutes les relations précédentes

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{dop} = I_{dsop} - \left(\frac{V_d}{R_p}\right) \\ V_g = V_{gs} - R_s I_{dop} \\ V_d = V_{ds} - (R_s + R_d) I_{dop} \end{array} \right. \quad (\text{II-52})$$

$R_p$  est la résistance parasite qui est en parallèle avec le canal. Elle est due essentiellement aux effets dispersifs de substrat. Elle est de l'ordre de quelques kilos ohms.

Les valeurs des résistances « $R_s$  et  $R_d$ » sont obtenues à partir des expressions suivantes :

$$R_s = \frac{L_{gs}}{qN_d\mu_0 za} + R_{os}$$

$$R_d = \frac{L_{gd}}{qN_d\mu_0 za} + R_{od}$$

Avec :

$R_s$  et  $R_d$ : représentent les résistances parasites dues aux contacts ohmiques et aux zones conductrices inactives du canal entre les métallisations de drain et de source, et la limite de la zone désertée

$L_{gs}$ : est la distance entre la grille et la source.

$L_{gd}$ : est la distance entre la grille et le drain.

$R_{os}$ : est la résistance du contact ohmique de source.

$R_{od}$ : est la résistance du contact ohmique de drain.

En tenant compte de l'effet de ces résistances, l'équation du courant de drain s'écrit de la manière suivante:

### L'équation générale

$$I_{dsop} = I_p \left[ \frac{V_{ds} - (R_s + R_d)I_{dsop}}{V_p} - \frac{2}{3} \left( \frac{V_{ds} + V_{bi} - V_{gs} - V_{op} + R_d I_{dsop}}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} + \frac{2}{3} \left( \frac{V_{bi} - V_{gs} - V_{op} + R_s I_{dsop}}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} \right] + \frac{qz\mu_n}{L_g} \left[ \frac{P_{opt}}{h\gamma} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha \cdot a)) - R\tau_L \right] V_{ds} \quad (\text{II-53})$$

### Régime linéaire

$$I_{dsop} = I_p \left\{ 1 - \sqrt{\frac{V_{bi} - V_{gs} - V_{op}}{V_p}} \right\} \left\{ \frac{V_{ds} - (R_s + R_d)I_{dsop}}{k V_p} \right\} + \frac{qz\mu_n}{L_g} \left[ \frac{P_{opt}}{h\gamma} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha \cdot a)) - R\tau_L \right] V_{ds} \quad (\text{II-54})$$

### Régime de saturation

$$I_{dsop} = I_p \left\{ \frac{1}{3} - \frac{V_{bi} - V_{gs} - V_{op} + R_d I_{dsop}}{V_p} + \frac{2}{3} \left( \frac{V_{bi} - V_{gs} - V_{op} + R_s I_{dsop}}{V_p} \right)^{\frac{3}{2}} \right\} + \frac{qz\mu_n}{L_g} \left[ \frac{P_{opt}}{h\gamma} \tau_L (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha \cdot a)) - R\tau_L \right] V_{dsat} \quad (\text{II-55})$$



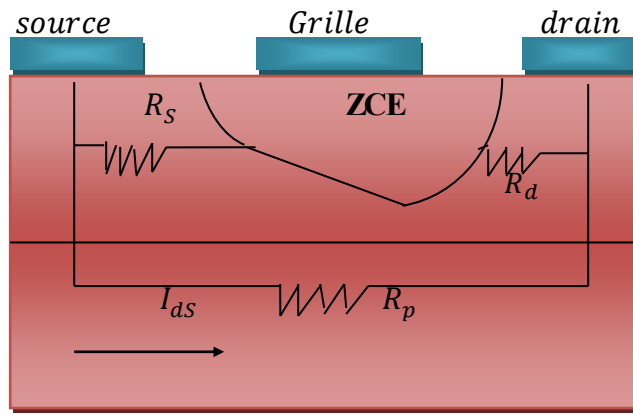


Figure II-3: Résistance parasite dans le MESFET GaAs.

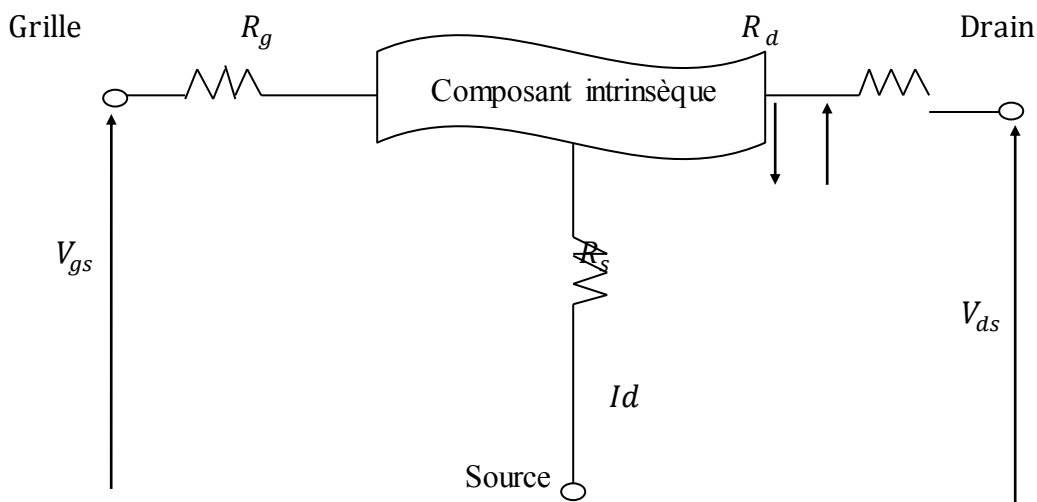


Figure II-4: Influence des résistances d'accès sur la caractéristique courant-tension

## II.12 Conductance et transconductance

La transconductance représente le mécanisme de commande d'un transistor : c'est la variation du courant de drain en fonction de la tension de grille pour une tension de drain constante.

La conductance de drain représente la résistance du canal, elle traduit la variation du courant en fonction de la tension de drain à une tension de grille constante.

D'après l'expression du courant  $I_{dop}$  on peut déterminer l'expression mathématique de la transconductance et la conductance de drain.

L'expression de la transconductance optique est définie par l'équation :

$$g_{mop} = \left( \frac{\partial I_{dop}}{\partial V_g} \right)_{V_d = cst} \quad (\text{II-56})$$

$$g_{mop} = \frac{qz\mu_n N_d}{2L_g} \left( \frac{2\varepsilon}{qN_d} \right)^{\frac{1}{2}} \times$$

$$\left[ \frac{V_{ds}}{2} (V_{bi} - V_g - V_{op} - V_d)^{1/2} + (V_{bi} - V_g + V_s - V_{op} - V_d)^{1/2} - (V_{bi} - V_g + V_s - V_{op})^{1/2} \right] \quad (\text{II-57})$$

L'expression de la conductance optique donner par :

$$g_{dop} = \left( \frac{\partial I_{dop}}{\partial V_d} \right)_{V_g=cst} \quad (\text{II-58})$$

$$g_{dop} = \frac{qz\mu_n N_d}{2L_g} \left[ 2a - \left( \frac{2\varepsilon}{q N_d} \right)^{\frac{1}{2}} (V_{bi} - V_g + V_d - V_{op})^{\frac{1}{2}} \right] + \frac{qz\mu_n \tau_L}{2L_g} \times \frac{P_{op}}{h\nu} (1 - R_m)(1 - R_s)(1 - \exp(-\alpha \cdot a)) - R\tau_L \quad (\text{II-59})$$

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons obtenir les caractéristique I-V du dispositif dans la condition d'éclairage. Le modèle existant du dispositif MESFET GaAs (OPFET) a été amélioré en tenant compte des effets de photo-voltage générée sur la jonction métal-semi-conducteur .ainsi en obtient des relations qui décrivent les phénomènes physique régissant le comportement du transistor OPFET GaAs.ces relations nous permettent de reconnaître l'influence des paramètres physique et des paramètres géométrique.

## **Chapitre III : Résultat et discussion**

### III.1 Introduction

Dans le deuxième chapitre, nous avons déterminé les différentes expressions analytiques de la modélisation physique des caractéristiques statiques et dynamiques du transistor MESFET GaAs sous l'effet de la lumière (OPFET). Pour vérifier la validité de cette modélisation, ce dernier chapitre présente l'ensemble des résultats de la simulation des caractéristiques statiques et dynamiques des transistors MESFETGaAs (OPFET), Pour cet effet, nous avons mis au point un logiciel de simulation.

### III.2 Logiciel de simulation

À partir des expressions établies dans le chapitre précédant nous avons utilisé un logiciel de simulation est réalisé en (Matlab7) ce logiciel permet la résolution du système d'équations et d'utiliser les résultats pour tracer les différentes courbes. Avec ce logiciel nous pouvons déterminer :

- La variation de la durée de vie des porteurs minoritaires  $\tau_L$  en fonction de la densité de puissance optique  $P_{opt}$ .
  - La variation de taux de génération optique  $G_{opt}$  avec la densité de puissance optique  $P_{opt}$ .
  - La variation de la photo-tension  $V_{opt}$  développée au niveau du contact Schottky avec la densité de puissance optique  $P_{opt}$ .
  - La variation de la photo-tension  $V_{opt}$  développée au niveau du contact Schottky avec de la durée de vie des porteurs minoritaires  $\tau_L$
  - Le courant de drain et sa variation avec  $V_d$  et  $V_g$  aux régimes linéaire et saturé.
  - L'effet de la mobilité sur les caractéristiques I-V.
  - L'effet des résistances parasites.
  - La vitesse et la mobilité des électrons en fonction du champ électrique.
- sur les caractéristiques courant- tension.
- La transconductance  $g_{m.op}$  et la conductance  $g_{d.op}$ .
  - L'influence des paramètres géométriques et technologiques ( $L, a, Z$  et  $N_d$ )

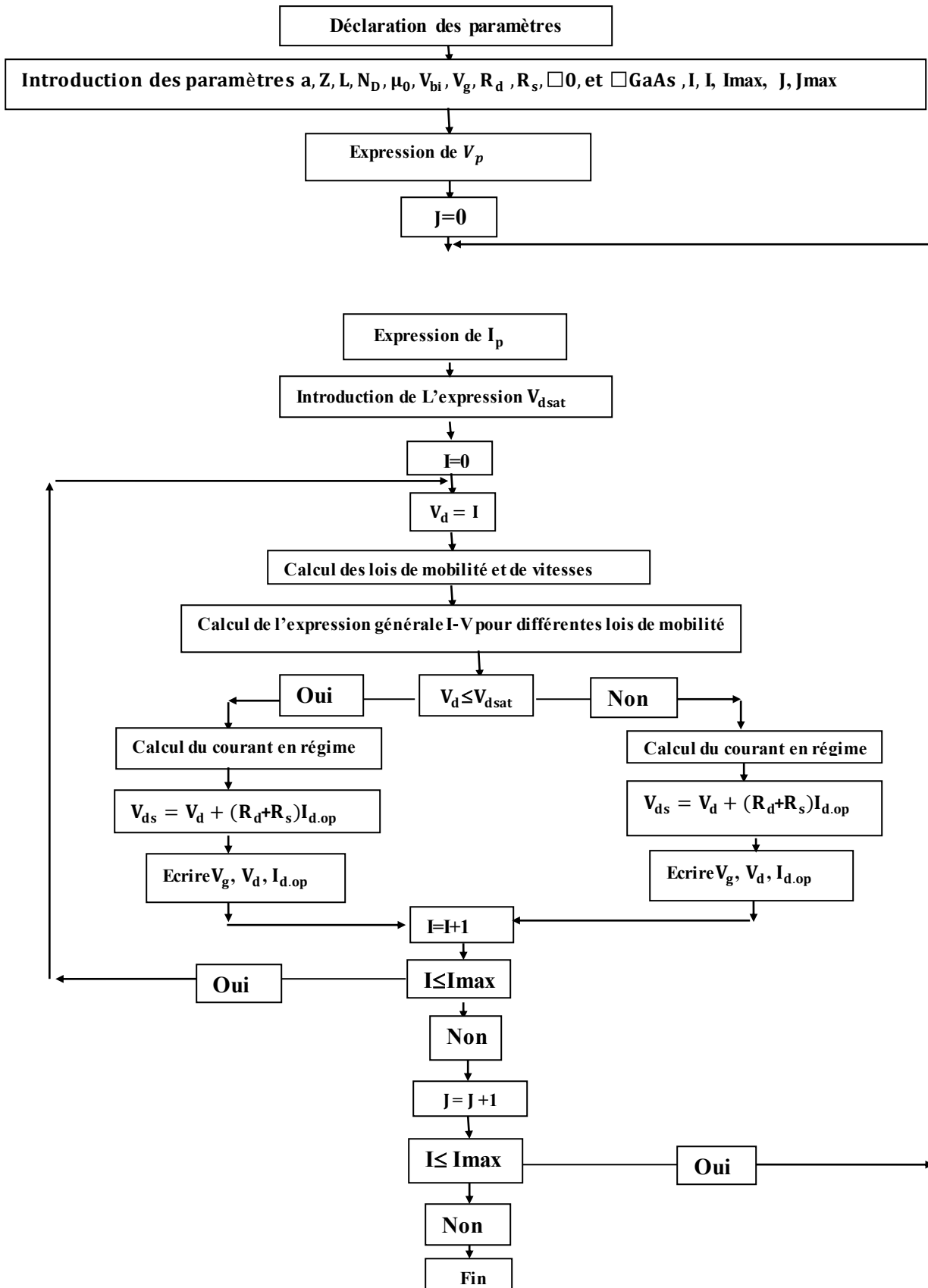


Figure III.1 : Organigramme de calcul des caractéristiques statique I-V.

### III.3 Résultats de la simulation

Les paramètres typiques des simulations d'un OPFET utilisé expérimentalement est représenté dans le tableau III-1 :

Paramètres	Valeurs
Coefficient d'absorption $\alpha$	$10^6/\text{m}$
La durée de vie des porteurs minoritaires, $\tau_L$	$10^{-8}/\text{s}$
La durée de vie des porteurs minoritaires en équilibre $\tau_p$	$10^{-8}/\text{s}$
Concentration en porteurs intrinsèque, $n_i$	$1.79 \times 10^{12}/\text{m}^3$
Coefficient de réflexion à contact métallique, $R_s$	10% of Pop
Barrière de potentiel de la jonction Schottky, $V_{bi}$	0.85 v
Température, T	300 K
Puissance optique incidente, $P_{opt}$	0.1, 0.2, 0.5 W/m <sup>2</sup>
Coefficient de réflexion à l'entrée, $R_m$	10% of Pop
Vitesse des porteurs $v_s$	$0,9 \times 10^7 \text{cm/s}$
La permittivité $\epsilon_0$ . $\epsilon_r$	$1.1 \times 10^{-12} \text{F/cm}$
Mobilité de l'électron $\mu_n$	$0.85 \text{m}^2/\text{Vs}$
Densité de courant de saturation $J_s$	0,1826 mA/m <sup>2</sup>
La longueur d'onde optique incidente	0.8 $\mu\text{m}$
Facteurs qui dépend de la semi-conducteur n	1.4

**Tableau III.1** : Paramètres de simulation MESFET GaAs (OPFET).

### III.3-1 Durée de vie des porteurs minoritaires $\tau_L$

La figure (III.2) représente la variation de la durée de vie sous illumination des porteurs minoritaires  $\tau_L$  avec la densité de puissance optique incidente  $P_{opt}$ , il est possible d'observer le développement de la relation (II-46). on observe que  $\tau_L$  diminue avec l'augmentation de la densité de puissance optique incident, Cette diminution de la durée de vie des porteurs minoritaires trouve à cause le processus transfert entre la bande de valence et la bande de conduction se produit en moins de temps c'est-à-dire que le libre parcours moyen diminue et donc la durée de vie des Porteurs minoritaires diminue.

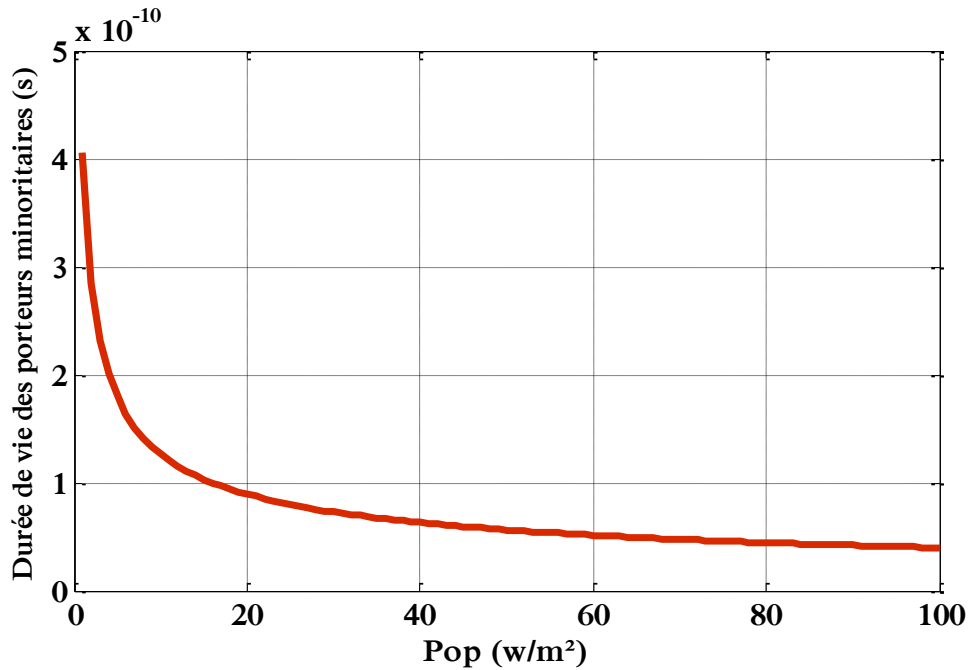
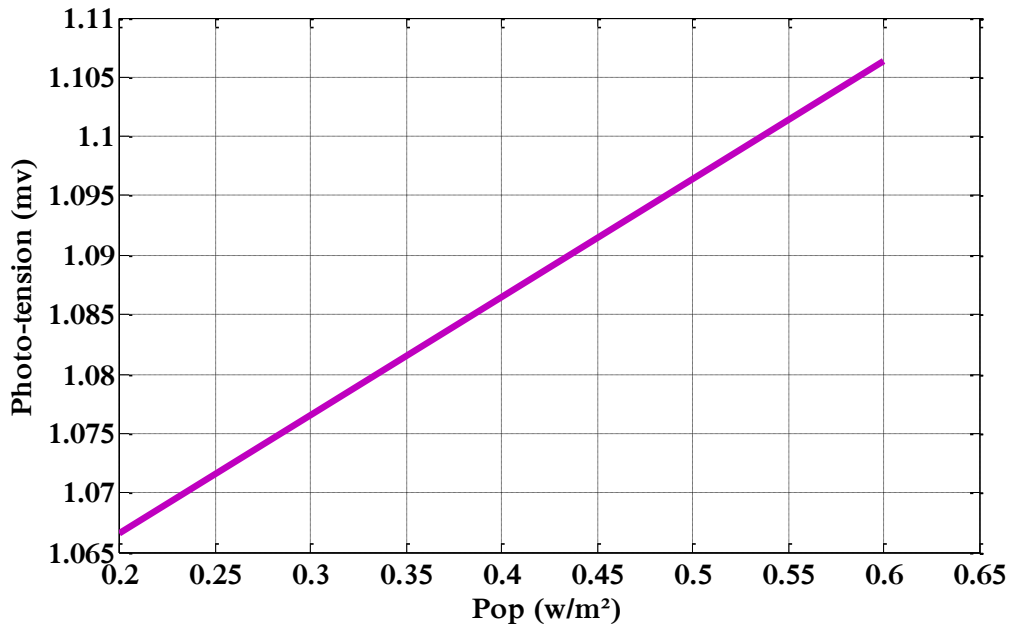


Figure III.2: La variation de la durée de vie des porteurs minoritaires,  $\tau_L$  en fonction de la densité de puissance optique  $P_{opt}$ .

### III.3-2 Photo-tension ( $V_{opt}$ )

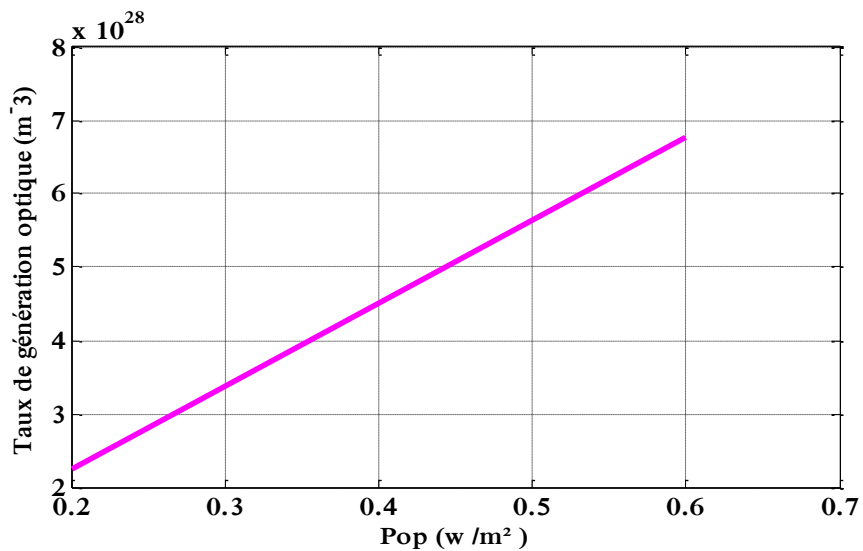
La figure (III.3) représente la variation de photo-tension développée à la jonction grille-Schottky  $V_{op}$  avec la densité de puissance optique incidente  $P_{opt}$ , cette quantité est obtenue à partir de l'expression (II-47). on remarque que  $V_{op}$  augmente avec l'augmentation de la densité de puissance optique incidente  $P_{opt}$ .



**Figure III.3 :** La Variation de la transconductance optique en fonction de la puissance optique incidente  $P_{op}$ .

### III.3-3 Taux de génération optique ( $G_{op}$ )

Sur la figure (III.4) représente l'évolution de taux de génération optique en fonction de la densité de puissance optique incidente, selon l'expression (II-40). Il est clair que, le taux de génération optique augmente avec l'augmentation de la densité optique en raison de la réduction de la durée de vie des porteurs minoritaires, ce qui limite l'excès de photo génération sous un éclairage intense.

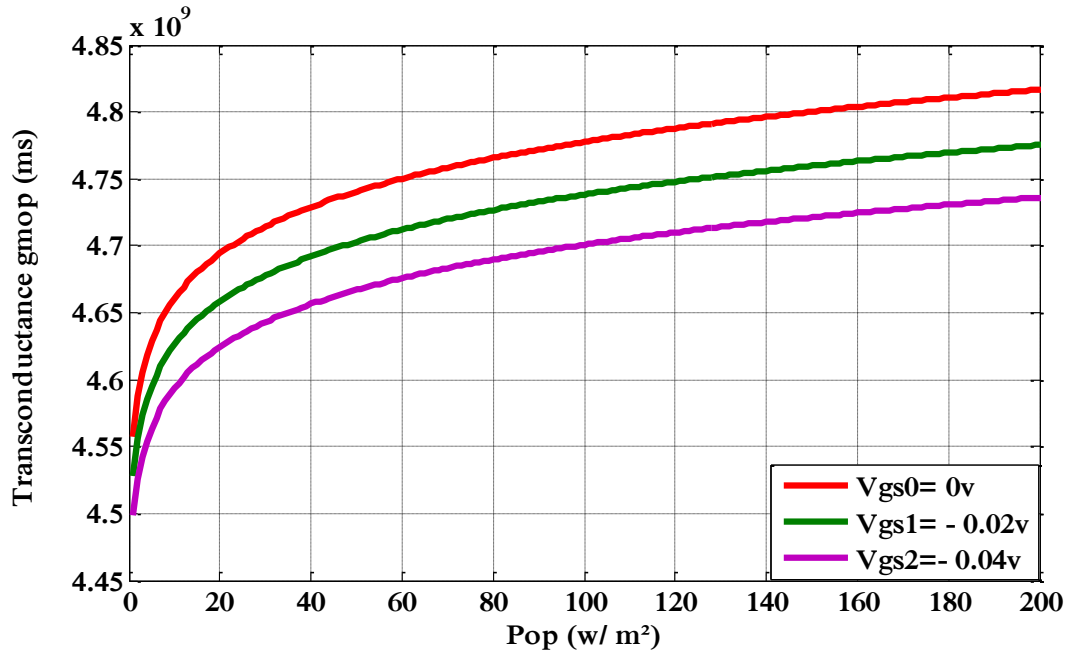


**Figure III.4:** La variation de taux de génération optique  $G_{op}$  avec la densité de Puissance optique  $P_{op}$ .



### III.3-4 Transconductance ( $g_{m,op}$ )

Sur la figure (III.5) représente l'évolution de la Transconductance en fonction de la densité optique pour différentes valeurs de  $V_{gs}$ , il est possible d'observer le développement de la relation (II-57). On remarque que la Transconductance augmente avec l'augmentation de la densité optique  $P_{opt}$  et ainsi la Transconductance diminue avec l'augmentation de la tension inverse de grille-



source  $V_{gs}$ .

Figure III.5: La Variation de la transconductance optique en fonction de la puissance optique incidente  $P_{opt}$ .

### III.3-5 Loi de mobilité est vitesse des porteurs

Les variations de la mobilité et de la vitesse des électrons en fonction du champ électrique ( $E$ ) à  $300^\circ K$ , sont représentées dans les figures suivant :

La figure (III.6) montre que la mobilité des porteurs diminue avec l'augmentation du champ électrique. Lorsque ce dernier devient important, les interactions avec les vibrations du réseau, les phonons, entraînent une diminution de la mobilité des porteurs.

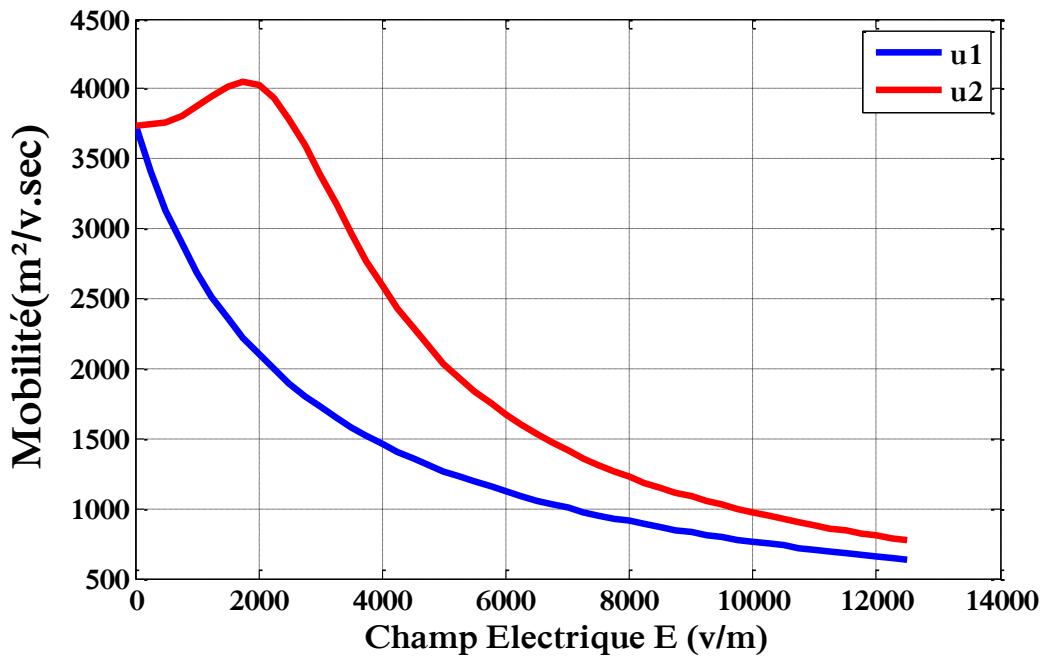


Figure III.6.: Variation de la Mobilités des électrons dans GaAs en fonction du champ électrique.

Le GaAs est un matériau où les pièges et les défauts sont particulièrement nombreux et difficiles à contrôler et l'interface couche active –substrat semi isolant induit des défauts par la rupture de la périodicité. Ces défauts peuvent diminuer la mobilité des porteurs dans le canal. En général la loi de la variation de la mobilité avec le champ électrique varie d'un matériau à un autre en fonction de la nature de la structure de bandes du semi conducteur.

### III.3-6 Caractéristiques I-V

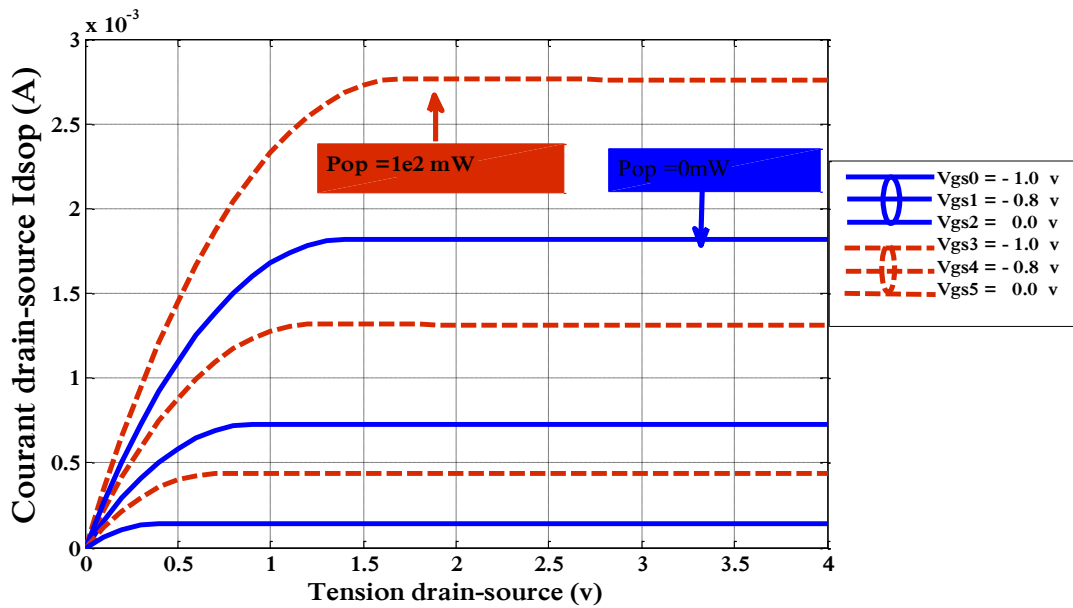
La simulation numérique du courant de drain « $I_{ds.op}$ » en fonction des tensions de polarisations « $V_{gs}$  et  $V_{ds}$ » dans les différents régimes de fonctionnement fait appel aux expressions établies dans le deuxième chapitre.

L'étude a été effectuée sur deux échantillons de transistors « MEFET 1 » et « MEFET 2 » dont les paramètres sont regroupés dans le tableau suivant :

Paramètre	L( $\mu\text{m}$ )	a( $\mu\text{m}$ )	z( $\mu\text{m}$ )	Nd(at. $\text{m}^{-3}$ )	$\mu_n(\text{cm}^2/\text{v.s})$	$V_{bi}$	$V_s(\text{m.s}^{-1})$
MESFET1	1	0.22	360	$6.7 \cdot 10^{16}$	3700	0.8	$0.96 \cdot 10^7$
MESFET2	1	0.3	300	$6.1 \cdot 10^{16}$	3740	0.8	$0.82 \cdot 10^7$

**Tableau III.2 :** Paramètre géométriques et physique des transistors MESFET1 et MESFET2.

La figure (III.7, III.8) présentent la variation du courant de drain en fonction de la tension de drain  $V_{ds}$  pour différentes valeurs de  $V_{gs}$  obtenues pour les transistors MESFET1 et MESFET2. Cette évolution est obtenue à partir de l'expression (II.37).



**Figure III.7 :** Variation du courant de drain  $I_{dsop}$  en fonction de la tension de drain  $V_d$  pour différentes valeurs de  $V_{gs}$  obtenues pour le MESFET1.

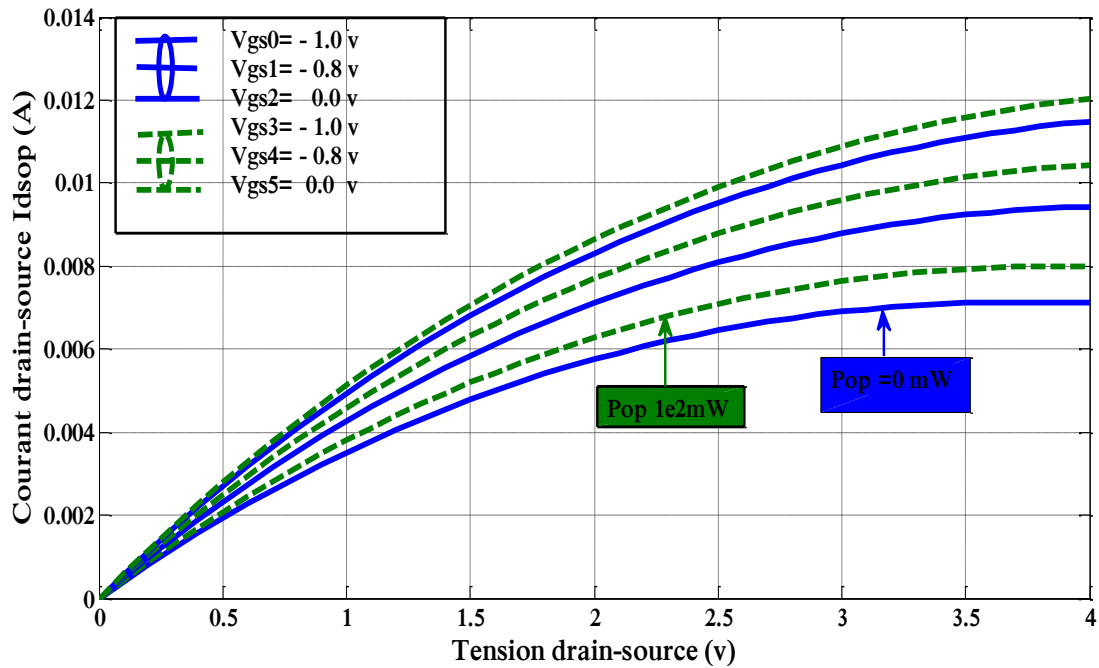


Figure III.8 : Variation du courant de drain  $I_{dsop}$  en fonction de la tension de drain  $V_d$  pour différentes valeurs de  $V_{gs}$  obtenues pour le MESFET2.

### III .3-6-1 Effet de la mobilité sur les caractéristique I-V

Les figure présentent les caractéristiques ( I-V ) pour différentes valeurs de la tension de grille pour ( $\mu_1, \mu_3$ ) en fonction de la tension de drain-source. On observe que le courant de drain diminue avec la mobilité des porteurs et la tension de grille  $V_{gs}$ . Pour des faibles tensions de polarisation de drain  $V_{ds}$ ,

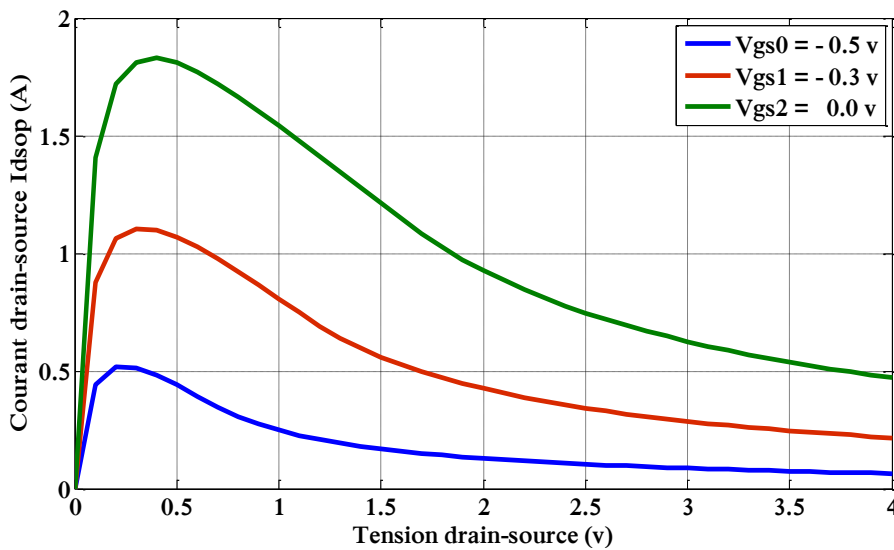
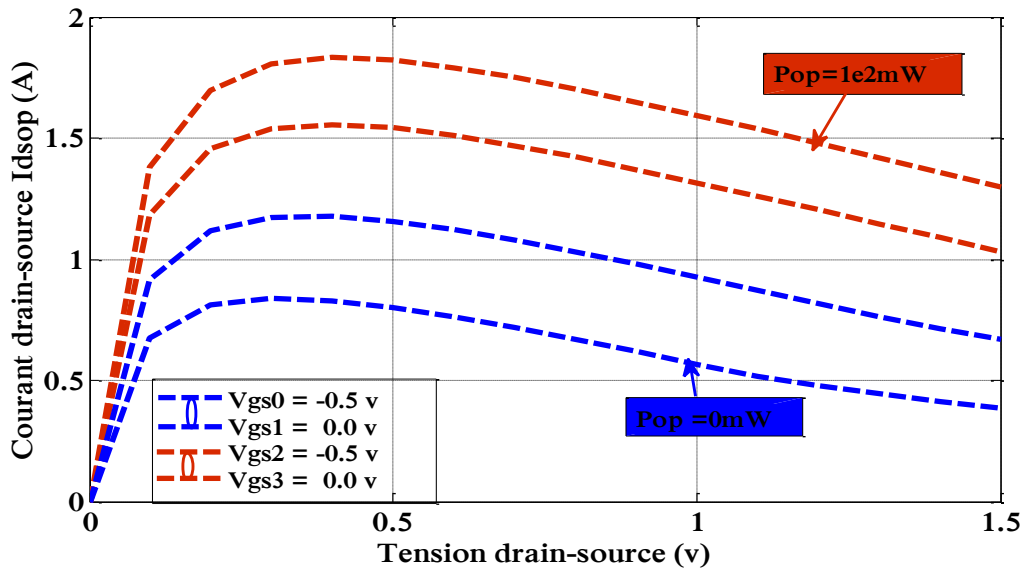


Figure III.9: Effet de la loi de mobilité sur les caractéristiques I-V à l'état  $Pop=0mW$  du transistor « MESFET 2 ».



**Figure III.10:** Effet de la loi de mobilité  $\mu_3$  sur les caractéristiques I-V du transistor « MESFET 2 » à l'état sombre et lumineux

### III.3-6-2 Effet des résistances parasite sur les caractéristiques I-V

Afin de bien illustrer l'effet des résistances parasites de source  $R_s$  et de drain  $R_d$  sur les caractéristiques I-V du MESFET GaAs, nous avons présenté sur la figure (III.11), (III.12), dans le cas du transistor MESFET1, les variations du courant de drain en fonction de la tension de drain avec et sans les résistances parasites, selon l'expression (II-54), (II-55).

On voit clairement que les effets de ces résistances ne peuvent pas être négligés, et sont d'autant plus importants que le courant de drain  $I_{ds.op}$  est élevé c'est à dire lorsque la valeur de la tension de grille  $V_{gs}$  diminue en valeur absolue.

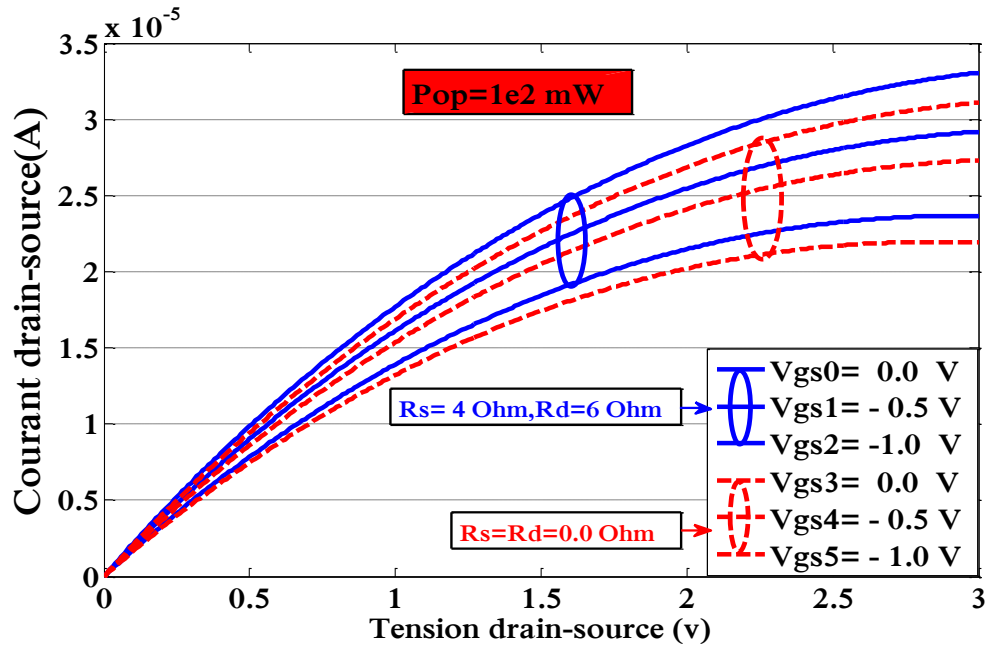


Figure III.11 : La variation de  $I_{ds.op}$  en fonction de  $V_{ds}$  pour différentes valeurs de résistances  $R_s$  et  $R_d$  pour le transistor « MESFET 2 » à l'état lumineux.

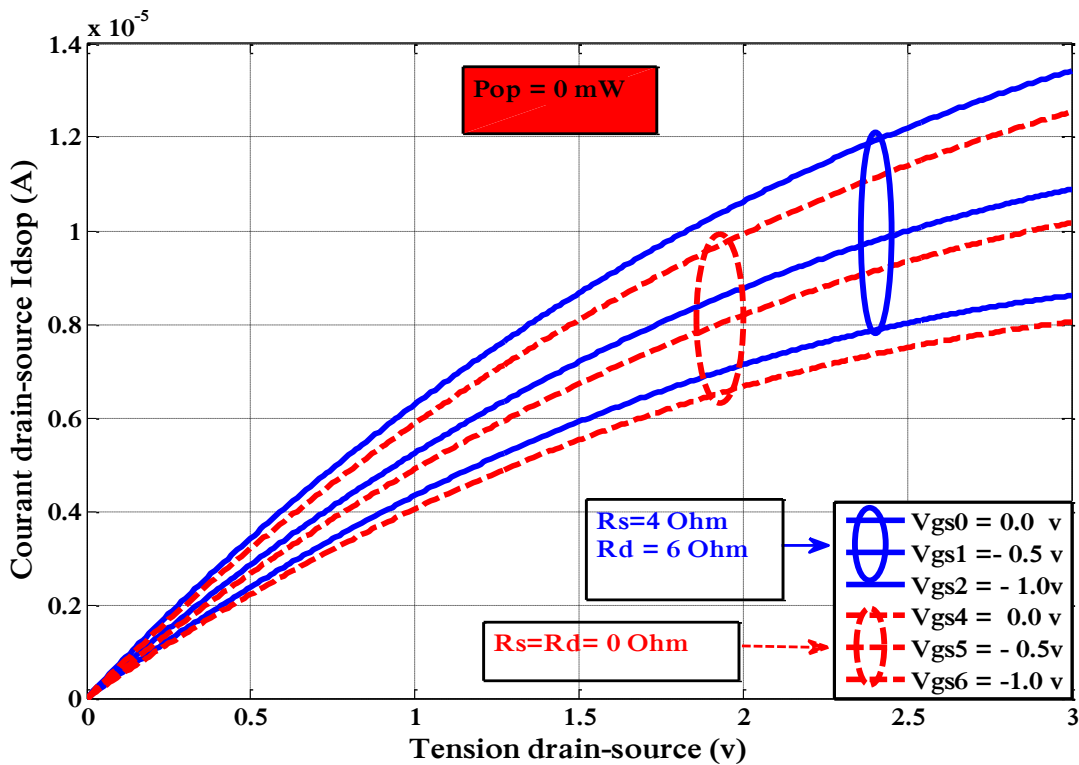


Figure III.12: La variation de  $I_{ds.op}$  en fonction de  $V_{ds}$  pour différentes valeurs de résistances  $R_s$  et  $R_d$  pour le transistor « MESFET 2 » à l'état sombre.

### III.3-6-3 Influence des paramètres physique et géométrique sur les caractéristiques I-V

Nous présentons respectivement sur les figures (III-13), (III-14), (III-15)

(III-16), l'évolution des caractéristiques I-V en fonction de la longueur de grille « Lg », du dopage des porteurs «  $N_d$  », de l'épaisseur de la couche active « a » et de la largeur du canal « Z » pour les transistors « MESFET 1 », « MESFET 2 » dont les paramètres physiques et géométriques.

La figure (III-13), présente la variation du courant de drain en fonction de la tension de drain pour différentes longueurs de grille, conformément à l'expression du courant (II-38) (II-39). On remarque que le courant de saturation diminue avec l'augmentation de la longueur de grille.

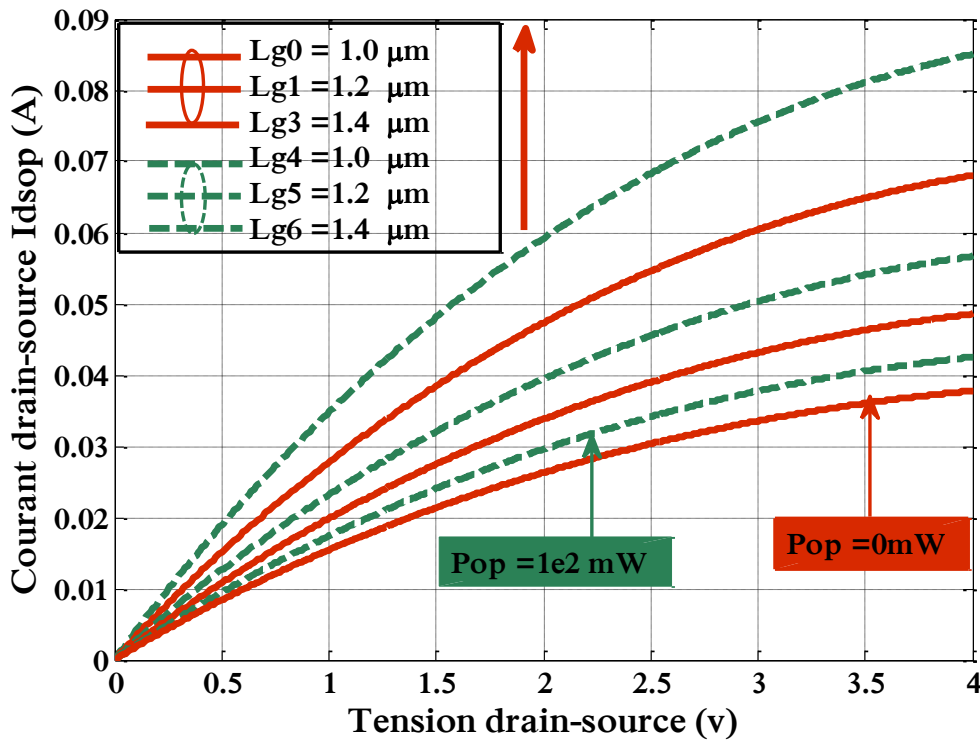
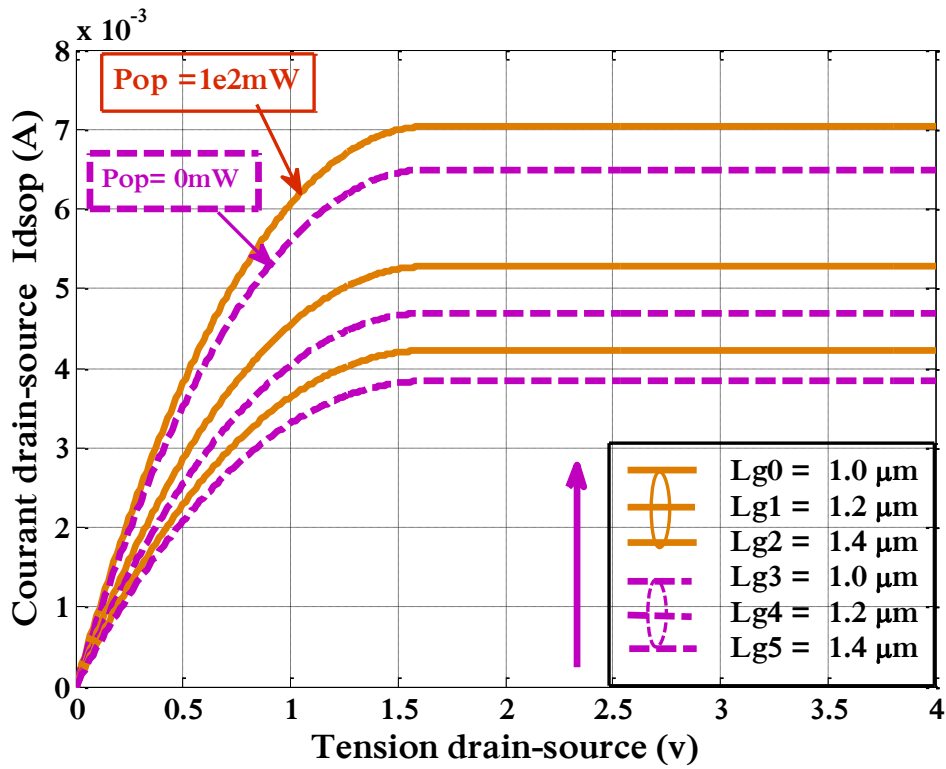


Figure III.13.1 : Influence de la longueur de grille « Lg » sur les caractéristiques I-V du transistor « MESFET 2 ».



**Figure III.13.2 :** Influence de la longueur de grille « Lg » sur les caractéristiques I-V du transistor « MESFET 1».

Les figures (III-14), (III-15) et (III-16), présentent l'évolution des caractéristiques I-V en fonction du dopage «  $N_d$  », de l'épaisseur de la couche active « a » et de la largeur du canal conducteur « Z ». Nous remarquons que le courant «  $I_{ds.op}$  » augmente avec l'augmentation de ces paramètres. Il augmente avec le dopage lorsque la résistivité des semi-conducteurs diminue avec l'augmentation de la concentration des porteurs, et il augmente avec l'augmentation de la largeur du canal et de l'épaisseur de la couche active lorsque l'augmentation de ces paramètres entraîne une diminution de la transconductance.



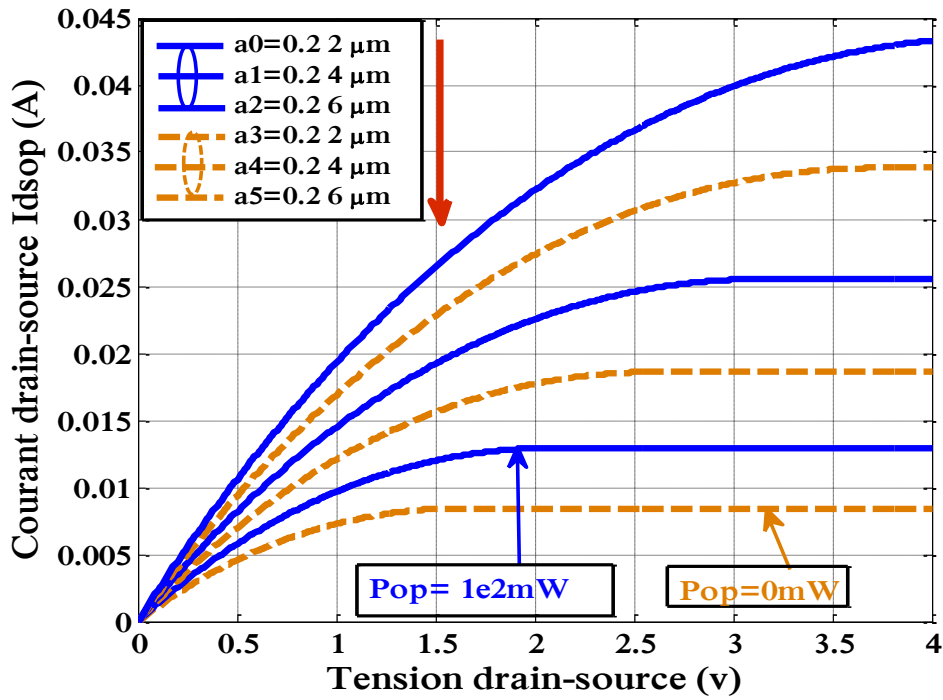


Figure III-14.1: Influence de l'épaisseur de la couche active « a » sur les caractéristiques I-V du transistor « MESFET 2 ».

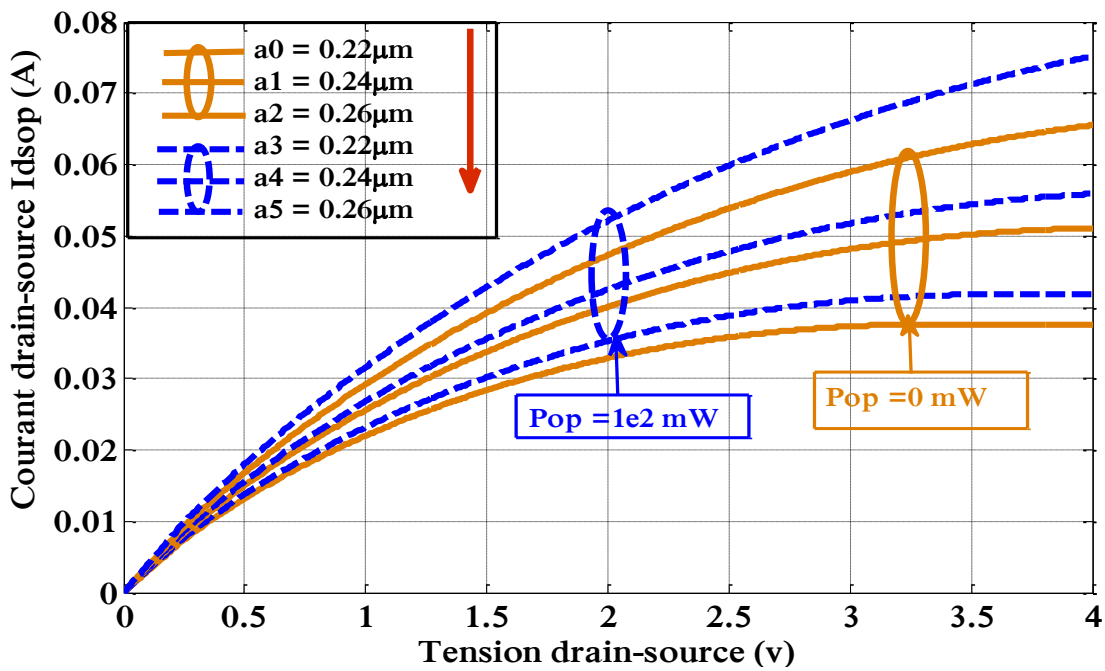


Figure III-14.2: Influence de l'épaisseur de la couche active « a » sur les caractéristiques I-V du transistor « MESFET 1 ».

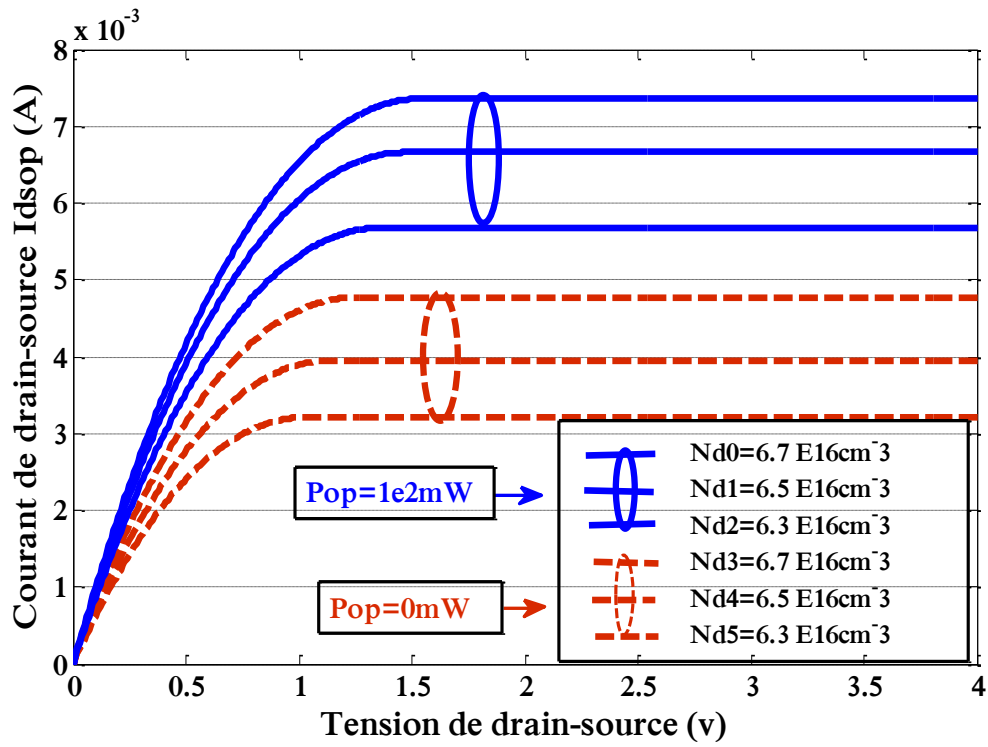


Figure III-15.1: Influence de la concentration du dopage des porteurs «  $N_d$  » sur les caractéristiques I -V du transistor pour le « MESFET1».

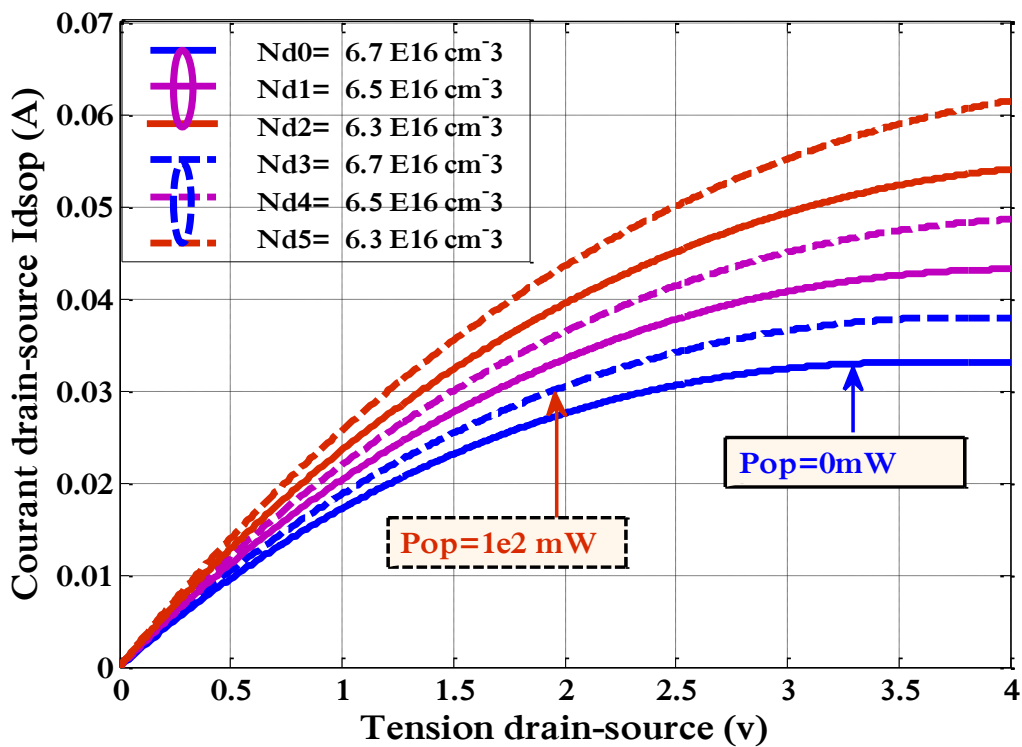


Figure III-15.2: Influence de la concentration du dopage des porteurs «  $N_d$  » sur les Caractéristiques I -V du transistor pour le « MESFET2».

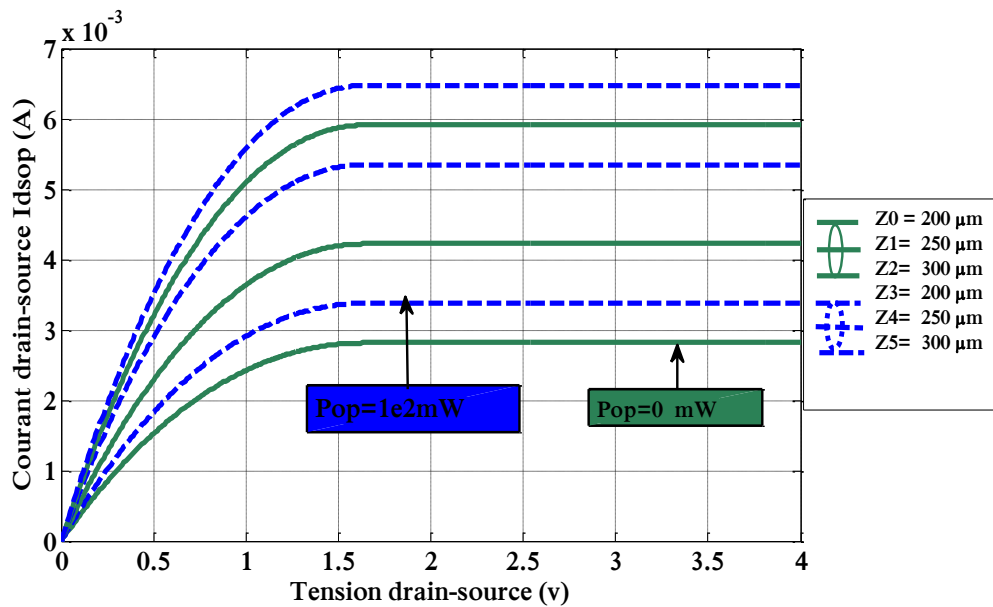


Figure III-16.1 : Influence de la largeur du canal conducteur « Z » sur les caractéristiques I-V du transistor « MESFET 1 ».

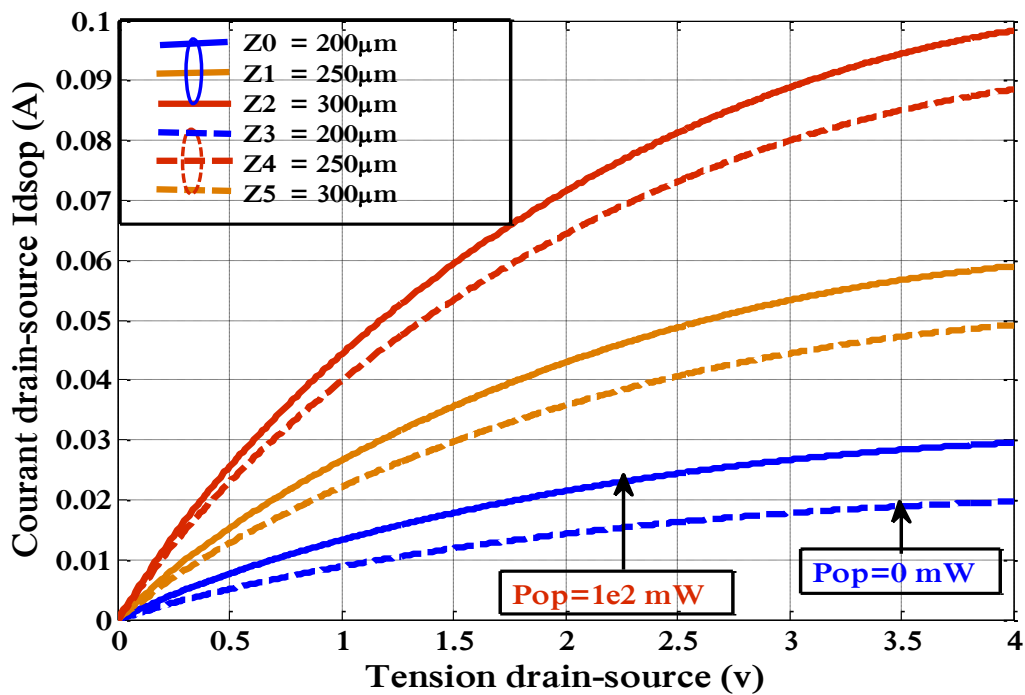


Figure III-16.2 : Influence de la largeur du canal conducteur « Z » sur les Caractéristiques I-V du transistor « MESFET 2 ».

### III.3-7 Transconductance ( $g_{m.op}$ ) et conductance de drain ( $g_{d.op}$ )

#### III.3-7-1 Transconductance ( $g_{m.op}$ ).

Sur la figure ( III-17), présente la transconductance  $g_{m.op}$  en fonction de la tension de grille-source ( $V_{gs}$ ) pour les conditions d'obscurité et d'éclairage, ce paramètre est obtenue a partir de l'expression (II-57), la transconductance augmente d'une part au fur et à mesure que la valeur absolue de la tension de grille « $V_g$  » diminue et d'autre part avec l'augmentation de la tension de drain « $V_d$ » jusqu'au régime de saturation où la transconductance se sature.

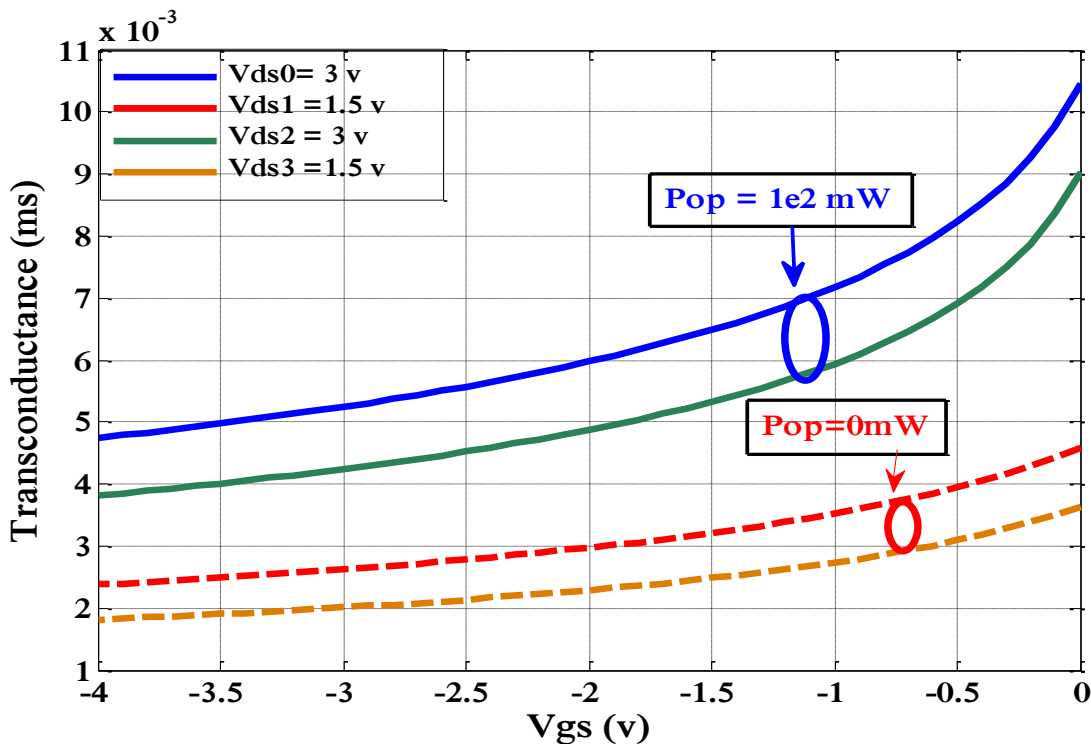


Figure III.17: Variation de la transconductance en fonction de la tension de grille pour le MESFET2.

La figure (III-18) présente la transconductance  $g_{mop}$  en fonction de la tension de drain-source  $V_{ds}$  pour les conditions d'obscurité et d'éclairage, La transconductance augmente linéairement avec le changement de tension drain-source  $V_{ds}$ .

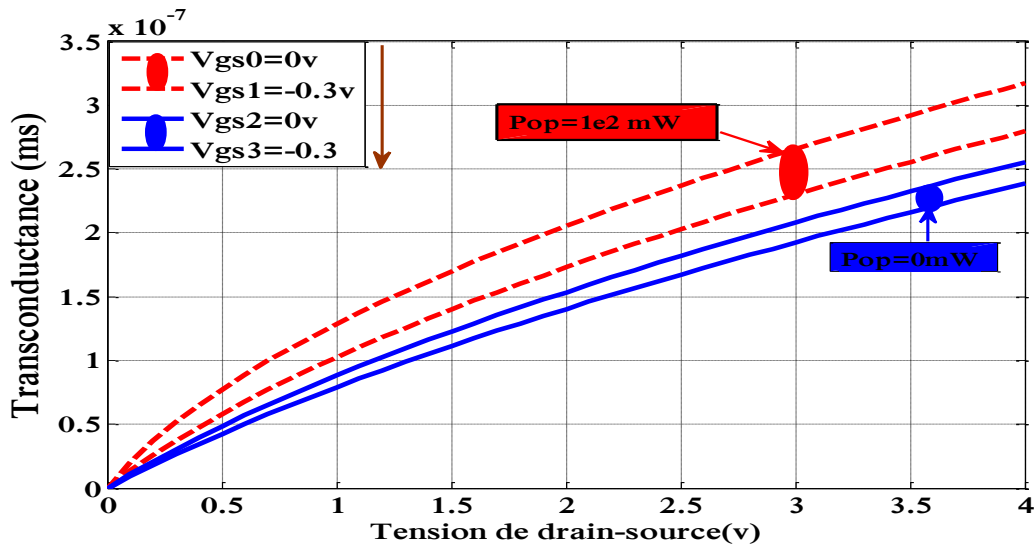


Figure III.18: Variation de la transconductance en fonction de la tension de grille pour le MESFET1.

### III.3-7-2 Conductance de drain ( $g_{d.op}$ )

La conductance optique «  $g_{d.op}$  » permet de rendre compte de la possibilité de contrôler le courant de drain «  $I_{ds.op}$  » en fonction de «  $V_{ds}$  » et «  $V_{gs}$  ».

Sur les figures (III.19) , (III.20) , (III.21) , (III.22), nous avons présenté les variations de la conductance optique de sortie en fonction des tensions de polarisation intrinsèques «  $V_{ds}$  » et «  $V_{gs}$  » pour le transistor MESFET1 à l'état lumineux et à l'état sombre, cette quantité est obtenue à partir de la relation (II-58)

Nous remarquons que la conductance de drain diminue d'une part au fur et à mesure que la tension de drain augmente et d'autre part lorsque la valeur absolue de la tension de grille augmente, elle prend sa valeur maximale en régime linéaire, et s'annule en régime de saturation. Nous remarquons aussi dans les deux dernières figures la croissance de la conductance à la condition d'éclairage par rapport à la condition d'obscurité en raison de rétrécissement de la zone de charge d'espace causé par le développement de la photo-tension  $V_{op}$  à travers la grille-Schottky ainsi la diminution de la hauteur de barrière du potentiel  $V_{op}$  qui subit une augmentation de la conductance du canal.

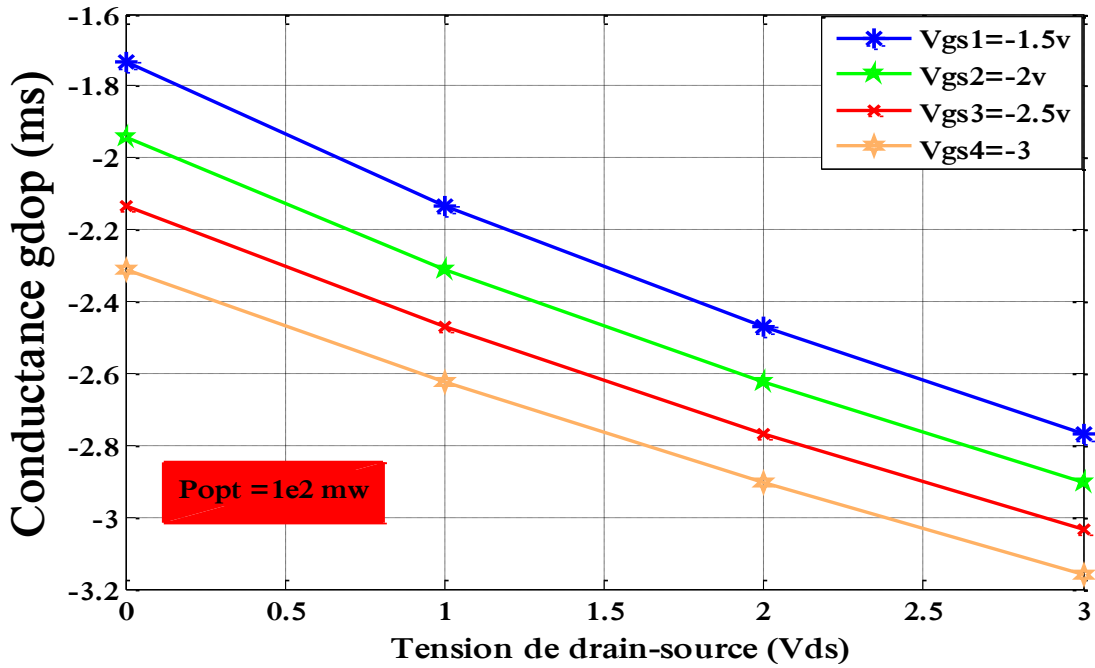


Figure III.19 : Variations de la conductance de drain en fonction de la tension de drain-source à l'état d'illumination pour le MESFET2.

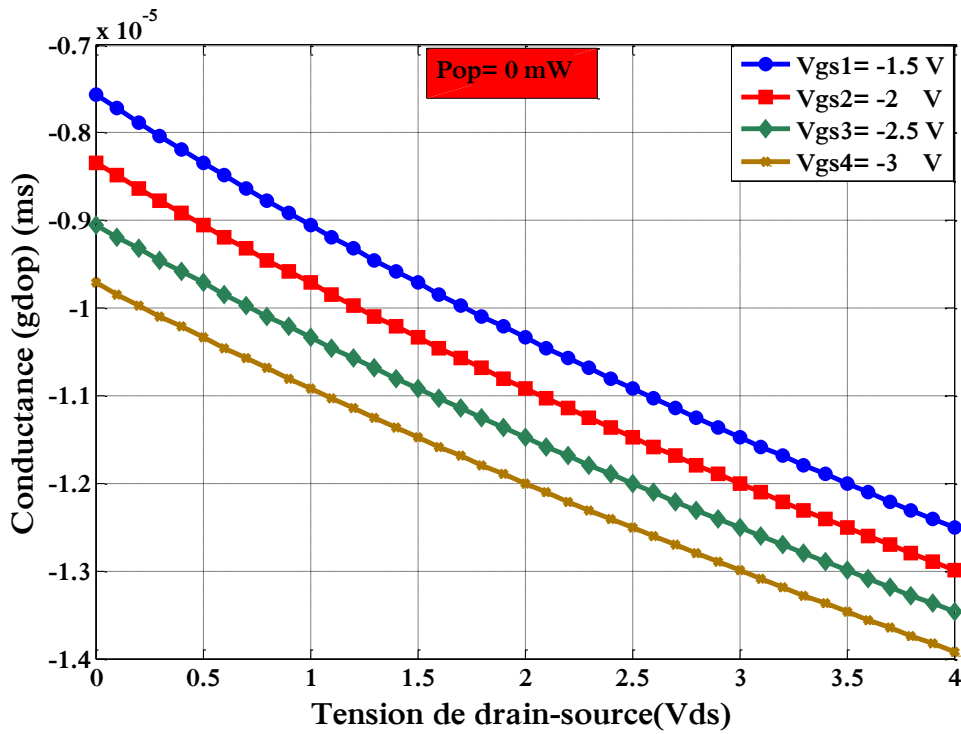


Figure III.20 : Variations de la conductance de drain en fonction de la tension de drain-source à l'état sombre pour le MESFET2.

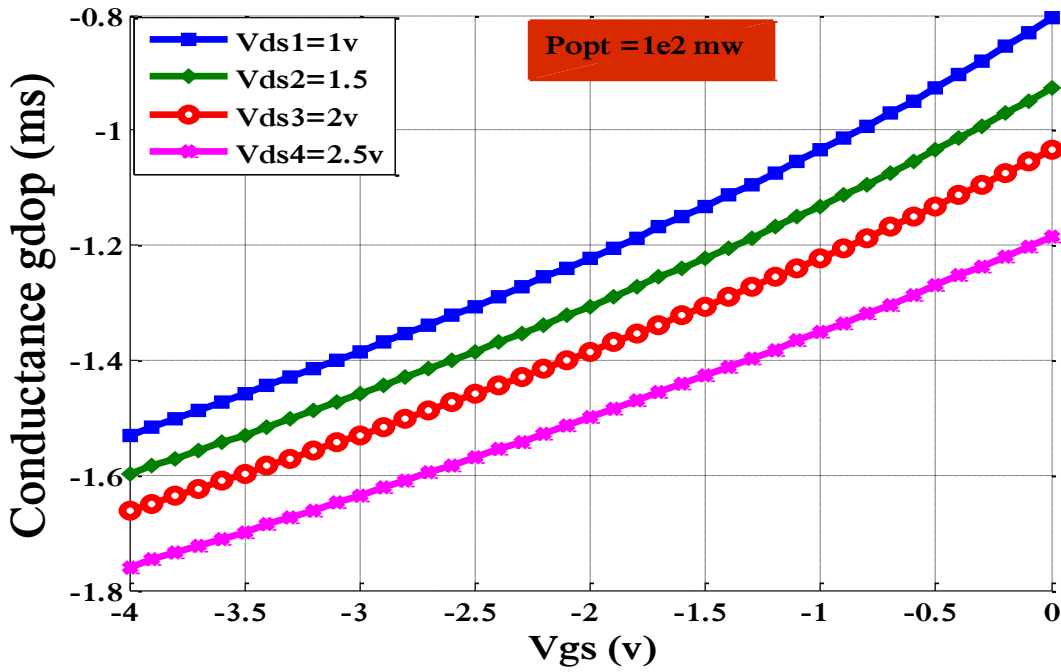


Figure III.21 : Variation de la conductance de drain en fonction de la tension de grille-source pour le MESFET1 à l'état d'illumination. (II-58).

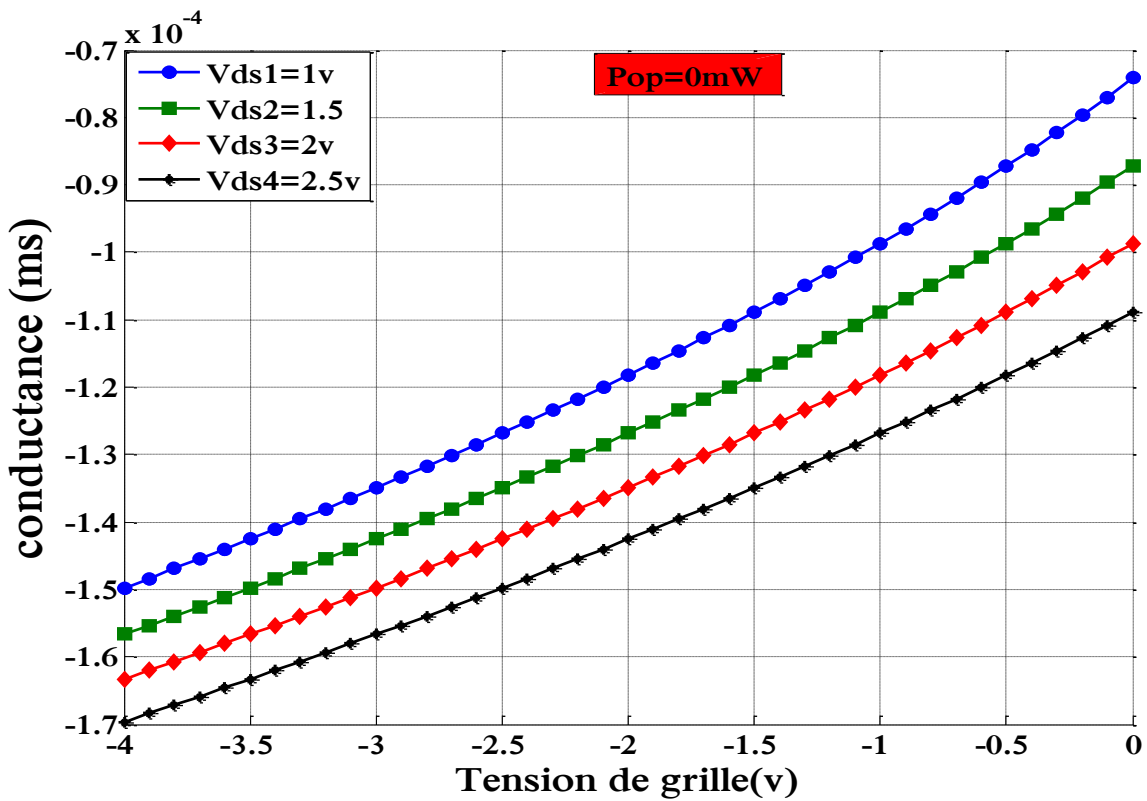


Figure III.22 : Variation de la conductance de drain en fonction de la tension de grille-source pour le MESFET1 à l'état sombre.

## Conclusion

Dans ce chapitre, on a procédé à la vérification de la validité des différentes expressions obtenues au chapitre précédent. On a présenté la variation de la durée de vie, de la photo-tension, de la densité de génération en fonction de la densité de puissance optique incidente, ainsi que la variation du courant de drain  $I_{dsop}$  en fonction de la tension  $V_{ds}$ , sous l'effet des paramètres géométriques et physiques ( $L$ ,  $a$ ,  $Z$ ,  $N_d$ ), de l'effet de la mobilité, de l'effet des résistances parasites, et en fin la transconductance «  $g_{mop}$  » et la conductance «  $g_{dop}$  » dans les deux conditions (éclairage et obscurité).



# **Conclusion Générale**

## Conclusion générale

Au cours de ce travail, nous avons effectué une étude sur le transistor à effet de champ (MESFET GaAs). Celle-ci nous a permis d'utiliser d'une part un modèle analytique qui simule l'ensemble des propriétés statiques de ce composant.

Le bilan de ce travail est résumé dans les principales étapes des trois parties de ce mémoire :

Dans la première partie, nous avons présenté la structure **MESFET** à base d'arséniure de gallium et son principe de fonctionnement ainsi que les phénomènes physiques qui régissent ses performances.

Dans la deuxième partie, nous avons présenté un modèle analytique unidimensionnel pour décrire les propriétés statiques du MESFET GaAs, sous l'effet de la lumière dite (OPFET) et à l'état sombre, et pour obtenir les expressions du courant de drain en fonction des tensions de polarisation grille et drain avec et sans l'effet des résistances parasites, la variation de la mobilité en fonction du champ électrique, l'effet des paramètres physiques et géométriques. Ainsi la conductance de drain et la transconductance.

Dans la troisième partie, nous avons utilisé un logiciel de simulation faisant intervenir une approche basée essentiellement sur les phénomènes physiques régissant les MESFETs optiques. Cet outil permet la résolution des équations nécessaires ainsi que l'édition des résultats qui obtiennent dans le chapitre précédent sous forme numérique et graphique, on a présenté la variation du courant de drain  $I_{ds.op}$  en fonction de la tension  $V_{ds}$ , de l'effet des résistances parasites ( $R_d, R_s$ ), de l'effet de la mobilité en fonction du champ électrique, l'influence des paramètres géométriques et physiques.

Une comparaison est faite sur les éléments constituant le MESFET dans les deux conditions (éclairage et obscurité), la conductance « $g_{d.op}$ » et la transconductance « $g_{m.op}$ ».

## **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

---

### Références bibliographiques

[1] **W.Schokly**, Proc .IEEE, 40, 1365 (1952).

[2] **HAMMA ISSAM** "Contribution à l'étude des propriétés bidimensionnelles des Composants à effet de champs MESFET GaAs "Thèse de Doctorat, Univ Oum-El - Bouaghi (2014).

[3] **S.M. SZE** "Physics of semiconductor devices and technology",  
New York: John Wiley, 2nd Edition 1981.

[4] **B. MALLET-GUY** "Modélisation non linéaire distribuée des transistors à effet de champ : Application à l'analyse de la stabilité des transistors des caractéristiques en bruit dans les circuits **MMIC** "

[5] **p.chevalier** "proprietes des materiaux III-V ",chp.B,Universite de lille(1999).

[7] [6] **S.Khemissi** "Modelisation non lineaire des composants a effet de champ "Thèse de Doctorat ,2009 ,université de Constatine.  
http : /

Cst-www.nrl.navy.mil / lattice (struck.X mol ) .

[8] **B. NAOUEL** " L'effet de la température dans la technique Cathodoluminescence par la méthode Monte Carlo ",CONSTANTINE.

[9] **K.Zeghdar** " Simulation des caractéristiques courant tension d'une diode Schottky en phosphure d'indium InP ", Thèse de Magister , Université de Biskra (2014).

[10] **Vurgaftman et J. R. Meyer**, Band parameters for nitrogen-containing semiconductors J Appl Phys 94, 3675 (2003).

[11] **S. M. Sze**, physic of semiconductor devices , Ed. INC. J.Willy et Sons, New York 1981.

[12] **W. ALIOUAT**, "étude des propriétés des transistors a effet de champ a grille shottky a l'arsenuire de gallium ", Constantine., 2006.

[13] **A. E. Bazin**, " Conception de doides schottky sur 3C-SIC épitaxie sur silicium ", François-Rabelais de Tours, 2009.

[14] **B. Lakehal**, "Etude des propriétés électriques d'une photopile à base d'une structure Schottky ", Batna, 2009.

[15] **H. Mathieu** , "Physique des semiconducteurs et des composants électroniques " , 4eme Edition,Masson, Paris 1998.

- [16] **Mohamed Salah BENBOUZA** " Conception assistée par ordinateur des circuits integres MESFET GaAs " , Thèse. UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR BATNA.
- [17] **N. Rouag**, "Etude et réalisation des contacts métal-Semiconducteurs," SETIF 2010.
- [18] **KHITER Abdelaziz**, " Simulation numérique des transistors à effet de champ MESFET GaAs "1997.
- [19] **C. Azzi**, " Le transistor hyperfréquence à effet de champ à l'arséniure de gallium :Modèle mathématique pour la conception assisté par ordinateur des circuits non linéaires",Thèse doctorat d'état, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, France, 1981.
- [20]**G.C Dacey et I.M Ross**, "Caractérisation et modélisation des effets de pièges et thermiques des transistors à effets de champ sur AsGa. Application à la simulation de la dynamique lente des circuits non linéaires micro ondes ", Thèse de Doctorat, Université de Limoges, Janvier 1999.
- [21] **Henry MATHIEU**, " Physique des semiconducteurs et des composants électroniques".Edition MASSON, (1990)
- [22] **K. B. Mishra, L. Jolly, and S. C. Patil**. "Characterization of optically controlled ionimplanted in 1-ga x as MESFET with buried gate." InProceedings of the International Conference & Workshop on Emerging Trends in Technology, pp. 1125-1132. ACM, 2011
- [23] **GUERRAOUI Amal** " Etude des caractéristiques des MESFETs en relation avec l'effet photonique " Thèse de Doctorat, Univ Annaba (2016).
- [24] **S. Tripathi, and S. Jit**. "Modeling of photodependent capacitance for short gate length ion-implanted GaAs MESFETs." In 16th International Workshop on Physics of Semiconductor Devices, pp. 85492L-85492L. International Society for Optics and Photonics, 2012.
- [25] **Y. L. Lai, and K. H. Hsu**. "A new pinched-off cold-FET method to determine parasitic capacitances of FET equivalent circuits." IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 49, no. 8 (2001): 1410-1418.
- [26] **W.R. FRENSLEY** "Power-Limiting Breakdown Effects in GaAs MESFET's", IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 28, n° 8, pp. 962-967, August 1991.
- [27] **M. FUKUTA, T. MIMURA, H. SUZUKI, AND K. SUYAMA**"4-GHz, 15-W power GaAs MESFET",IEEE Trans. Electron Devices, Vol. ED-25, pp. 559-563, June 1978.
- [28] **W.R. FRENSLEY**"Power-Limiting Breakdown Effects in GaAs MESFET's", IEEE Trans. on Electron Devices, vol. 28, n° 8, pp. 962-967, August 1991.
- [29] **M. R. BROZEL**. " PROPERTIES OF Gallium Arsenide " , book .Centre for Electronic Materials, UMIST .UK.
- [30] **P. Y. Yu and M. Cardona**, "Fundamentals of Semiconductors: Physics and Materials Properties ", Third edition, Springer, New York, 2005.

- [31] **H.Mathieu.** " physique des semiconducteurs et des composants électroniques ", 4eme Edition.Masson, paris 1998.
- [32] **A. Madjar, P. R. Herczfeld, and A. Paolella.** "Analytical model for optically generated currents in GaAs MESFETs." IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques,40, no. 8 (1992): 1681-1691.
- [33] **SAIDA MELLAL** " Influence des paramètres physiques et géométriques du transistor à effet de champ MESFET GaAs ". Thèse Magister, Université LARBI BEN MHIDI, 2008.
- [34] **P. Chakrabarti, A. Gupta, and N. A. Khan.** "An analytical model of GaAs OPFET."Solid-State Electronics 39, no. 10 (1996): 1481-1490.
- [35] **R. B. Darling and J. P. Uyemura,** "Optical gain and large-signal characteristics of illuminated GaAs MESFET's ", IEEE J. Quantum Electron, vol. QE-23. pp. 1160- 1171. 1987
- [36] **N. S. Roy, and B. B. Pal.** "Frequency-dependent OPFET characteristics with improved absorption under back illumination." Journal of lightwave technology 18, no. 4(2000): 604.
- [37] **N. V. L. N. Murty, and S. Jit.** "Static IV Characteristics of Optically Controlled GaAs MESFET's with Emphasis on Substrate-induced Effects." Journal Of Semiconductor Technology And Science 6, no. 3 (2006): 211.
- [38] **R. N. Simons, and K. B. Bhasin.** "Analysis of optically controlled microwave/millimeter-wave device structures." IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 34, no. 12 (1986): 1349-1355.
- [39] **C. J. Gammel, and J. M. Ballantyne.** "The OPFET: a new high speed optical detector." In Electron Devices Meeting, 197International, vol. 24, pp. 120-123. IEEE, 1978.
- [40] **A. A. A. De Salles,** "Optical control of GaAs MESFET's. "IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 31, no. 10 (1983): 812-82.

الملخص:

تعرض هذه المذكرة وصف MESFET في زرنيخيد الغاليوم للكشف البصري. بعد استدعاء خصائص المادة (GaAs) لفترة وجيزة ، نقدم مبدأ التشغيل ، وكذلك تأثير الضوء على مكون MESFET GaAs والظواهر الفيزيائية التي تحكم أدائها. من خلال وصف جميع العناصر التي تشكل المكون. يتناول هذا العمل محاكاة عمليات حساب MESFET GaAs بقناة مخدرة متجانسة ، ويقترح نموذج تحليلي لأشباه الموصلات MESFET مع بوابة Schottky لزرنيخ الغاليوم التي يتم التحكم فيها بصرياً ، والمعروفة باسم ترانزستور تحت تأثير المجال البصري (OPFET) بالنظر إلى التوزيع الأحادي للإمكانات والمجال الكهربائي تحت منطقة الشحن الفضائية ، ولتحديد تأثير الحزمة الضوئية والمعلمات الفيزيائية والهندسية على الأداء الداخلي للجهاز ، مثل الخصائص IV،

وأخيراً تسمح هذه النتائج بتطوير برنامج محاكاة يستند إلى التعبيرات التحليلية التي تم الحصول عليها مسبقاً والتي تم تقديمها ومناقشتها ومقارنتها بطرق الدقة الرقمية المعروفة أحادية البعد المستخدمة في برنامج MATLAB .

سيكون النموذج الذي تم تطويره في هذه الدراسة مفيداً للغاية في ضوء النتائج التي تم الحصول عليها لفهم السلوك والتحكم البصري.

الكلمات المفتاحية: زرنيخ الغاليوم, تأثير الضوئي, ترانزستور تحت تأثير المجال البصري.

**Title :ANALYTICS OF ONE DIMENSIONAL PROPERTIES OF FIELD EFFECT OPTICAL COMPONENTS MESFET GaAs.**

**Abstract**

This memory presents the characterization of a MESFET in Gallium arsenide for optical detection. After briefly recalling the properties of the material (GaAs), we present the principle of operation, as well as the influence of light on this MESFET GaAs component (OPFET).

And the physical phenomena that govern their performance. by characterizing all the elements constituting the component. This work deals with simulations of the MESFET GaAs with a homogeneous doped channel, an analytical model is proposed for a MESFET semiconductor with optically controlled gallium arsenide Schottky gate, known as optical field effect transistor (OPFET) account given the one-dimensional distribution of the potential and the electric field under the space charge area, and to determine the influence of the optical beam, physical and geometrical parameters on the internal performances of the device, such as the characteristics IV, Finally these The results allow the development of a simulation software based on the previously obtained analytical expressions that have been presented, discussed and compared with known one-dimensional numerical resolution methods used in MATLAB software. The model developed in this study will be very useful in view of the results obtained to understand the behavior and optical control.

**Key words : MESFET ,GaAS ,OPFET ,optical effect**



# **Titre : ANALYTIQUE DES PROPRIET UNIDIMENSIONNELL DES COMPOSANT OPTIQUE A EFFET DE CHAMP MESFET GaAs .**

## **Résumé**

Ce mémoire présente la caractérisation d'un MESFET en arséniure de Gallium pour la détection optique. Après avoir rappelé brièvement les propriétés du matériau(GaAs), on présente le principe de fonctionnement, ainsi que l'influence de la lumière sur ce composant MESFET GaAs (OPFET).

Ainsi que les phénomènes physiques qui régissent leurs performances. en caractérisant tous les éléments constituant le composant. Ce travail traite les simulations du MESFET GaAs avec un canal à dopage homogène, un modèle analytique est proposée pour un Semi-conducteur MESFET à l'arséniure de gallium optiquement contrôlée à grille Schottky , connu comme Transistor à effet de champ optique (OPFET) compte tenu de la distribution unidimensionnelle du potentiel et du champ électrique sous la zone de charge d'espace, et de déterminer l'influence du faisceau optique, des paramètres physiques et géométriques sur les performances internes du dispositif, tels que les caractéristiques I-V, Finalement ces résultats permettent la mise au point d'un logiciel de simulation basé sur les expressions analytiques obtenues précédemment qui ont été présentés, discutés et comparés avec des méthodes numériques de résolution unidimensionnelles connues utilisées en logiciel MATLAB. Le modèle présenté dans cette étude sera très utile au vu des résultats obtenus pour comprendre le comportement et le contrôle optique.

**Mots clés : MESFET ,GaAs, OPFET , effet optique.**