

# MÉMOIRE

PRÉSENTÉ A

L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE KOUBA – ALGER  
DÉPARTEMENT DE : **PHYSIQUE**

POUR OBTENIR LE DIPLÔME DE

## MAGISTER

SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE  
OPTION : PHYSIQUE APPLIQUEE

PAR  
MOUGARI AHMED

**Etude Et Simulation des propriétés électriques  
des Jonctions Métal Semi-Conducteur  
Réalisation des Contacts : Al-Mono Si(P) - Al-Poly Si(N)  
par la technique d'évaporation thermique et Mesure de la  
résistivité du contact**

Soutenu le : **15/12/ 2010** Devant la commission d'examen composé de :

Mr A.MERAGHNI	Professeur	ENS-KOUBA	Président du Jury
Mr SAADIM	MCB	UMBB	Directeur de thèse
Mr KENDIL.D	MCA	ENS-KOUBA	Codirecteur de thèse
Mr ABAIDIA.S	MCA	LMMC-UMBB	Examinateur
Mr CHEGROUNE K	MCB	ENS-KOUBA	Examinateur

# Sommaire :

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>CHAPITRE I : .....</b>	<b>6</b>
<b>I Formation de la barrière.....</b>	<b>7</b>
<b>II Mécanisme des courants de transport dans une jonction Métal Semi-conducteur .....</b>	<b>14</b>
II-1 Courant d'Emission thermoïonique .....	16
II-2 Courant Thermoïonique assisté par effet de champ .....	17
II-3 Courant Assisté par effet de champ.....	18
<b>Conclusion du chapitre .....</b>	<b>19</b>
<b>CHAPITRE II : .....</b>	<b>20</b>
<b>Influence des paramètres Intrinsèques et Extrinsèques sur la résistivité du contact .....</b>	<b>21</b>
<b>Introduction du chapitre .....</b>	<b>21</b>
<b>Le Contact Ohmique .....</b>	<b>21</b>
Expression de résistivité du contact :.....	21
<b>I- Variation de <math>\rho_c</math> en fonction de la hauteur de barrière <math>\Phi_{BN}</math>.....</b>	<b>23</b>
<b>II- Variation de <math>\rho_c</math> en fonction de la masse effective .....</b>	<b>28</b>
<b>III- Variation de <math>\rho_c</math> en fonction de Température .....</b>	<b>29</b>
<b>IV- Variation de <math>\rho_c</math> en fonction du niveau de Fermi .....</b>	<b>34</b>
IV-1: le niveau de Fermi en fonction de la Témprature .....	34
IV-2: le niveau de Fermi en fonction de la Témprature et l'énergie des donneurs .....	39
<b>IV- Effet de la force image (Effet de Schottky).....</b>	<b>42</b>
<b>Conclusion du chapitre .....</b>	<b>43</b>
<b>CHAPITRE III : .....</b>	<b>44</b>
<b>Modèles &amp; Méthodes de mesure de la Résistivité du contact .....</b>	<b>45</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>45</b>
<b>I-Modèles de Contact Horizontal .....</b>	<b>46</b>
I-1 Méthodes des trois Contacts.....	47
I-2 Méthodes TLM (Transmission Line Model) : .....	47
<b>II-Mesure de la résistivité du Contact.....</b>	<b>54</b>

II-1	Méthode Graphique (TLM):.....	54
II-2	Méthode ETLM (Extended Transmission Line Model):.....	55
	<b>III-Comparaison entre le Modèle TLM et le modèle ETLM.....</b>	<b>57</b>
	<b>IV-Effet Géométrique .....</b>	<b>59</b>
	<b>Conclusion du chapitre .....</b>	<b>43</b>
 <b>CHAPITRE IV : .....</b>		<b>64</b>
	<b><u>Partie 1</u> : Méthode de Réalisation de Couche Mince .....</b>	<b>65</b>
I-	<b>Méthode de dépôt des couches minces .....</b>	<b>66</b>
I-1	Thecnique de dépôt par voie humide.....	66
I-2	Thecnique de dépôt par voie Sèche .....	66
II-	<b>Thecnique de l'évaporation thermique : .....</b>	<b>69</b>
II-1	Structure de couches minces déposées par évaporation thermique.....	71
III-	<b>Réalisation de la jonction Al-Si : .....</b>	<b>74</b>
III-1	Système d'évaporation.....	74
III-2	Préparation des échantillons.....	75
IV-	<b>Cacartérisation des échantillon par microduromètre: .....</b>	<b>77</b>
 <b><u>Partie 2</u> : Mésure TLM.....</b>		<b>79</b>
V-	<b>Résultats et discussion: .....</b>	<b>80</b>
V-1	Cacartérisation I-V exantillon 1 : Al-Poly Si(n).....	81
V-2	Cacartérisation I-V exantillon 2 : Al-Mono Si(p) .....	84
V-2-1	mesure de $\rho_c$ par la méthode des trois contacts .....	87
V-2-2	mesure de $\rho_c$ par la méthode TLM graphique.....	87
	Détermination des paramètres du contact .....	89
	<b>Conclusion du chapitre .....</b>	<b>91</b>
	<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>93</b>
	<b>Bibliographie.....</b>	<b>96</b>

# **INTRODUCTION GENERALE**

**Introduction Générale:**

Le Contact Métal Semi-conducteur est le plus ancien dispositif électronique réalisé, les premières observations remontent en effet à 1874 par [F. BRAUN 1874] [41] avant l'apparition de la mécanique quantique. Schottky et Mott (1938) [2] ont pu expliquer les mécanismes de transport à travers cette jonction en utilisant les aspects quantiques. Après une éclipse de plusieurs années due à l'avènement des jonctions PN ces études ont été reprises depuis les années 60, du fait de leurs applications dans les domaines des hyperfréquences, les détecteurs surtout d'ions ou de gaz, capacité variables, photo détecteurs et autres applications; surtout dans la conception des circuits VLSI (**Very large Scale Intergration**), car la qualité du contact électrique de ces circuits est critique pour la performance de ces dispositifs, sans oublier leurs larges applications dans le domaine des cellules solaires.

Deux types de contacts peuvent exister, un contact avec des caractéristiques I-V non linéaires appelé contact Schottky (ou contact Redresseur) ce type de jonction ayant des caractéristiques similaires à ceux d'une diode P-N, le second type qui présente des caractéristiques I-V linéaires appelé contact ohmique est le plus utilisé.

La maîtrise du contact ohmique (un type des contacts métal semi-conducteur) est capitale pour réaliser les connexions entre les différentes structures d'un circuit intégré.

L'interface Métal Semi-conducteur a connu un très grand intérêt technologique durant les dernières années et continue d'être un axe de recherche très intense; cette structure électronique de l'interface a une importance cruciale, car elle détermine le comportement électronique de la jonction Métal Semi-conducteur surtout la hauteur de la barrière d'interface (appelée Barrière de Schottky) et la résistance du contact.

Il faut signaler la grande importance de la jonction Métal Semi-conducteur dans les applications photovoltaïques et la conception des cellules solaires. En effet les diodes Schottky (Contact redresseur) et les transistors à Effet de Champ (MESFET) sont des instruments de grande importance où le contact ohmique et le contact redresseur sont nécessaires.

Il est difficile de prédire le comportement électrique et surtout la hauteur de la barrière d'une simple jonction. Les propriétés d'une jonction Métal Semi-conducteur dépendent de plusieurs paramètres, comme le travail de sortie du métal, l'affinité du Semi-conducteur, les réactions chimiques à l'interface (Etats de surface) et la température de formation de cette jonction [1].

Une grande variété de techniques expérimentales ont été développées pour étudier la croissance, la structure spatiale, la composition chimique de l'interface et surtout le comportement électrique.

La plupart des techniques utilisées donnent des informations macroscopiques moyennant la dimension de la jonction (quelques  $\mu\text{m}$ ). Elles sont extrêmement sensibles à l'état de la surface.

En 1988 Kaiser et Bell [2] ont élaboré et développé une nouvelle technique de caractérisation nommée la Microscopie par émission d'électrons balistiques (Balistic Electron Emission Microscopy BEEM) basée sur la microscopie à Effet Tunnel (STM) permettant l'étude des propriétés électriques de l'interface enfuie sous  $100^\circ$  de métal . [3]

L'objectif de notre travail (mémoire de magister) est de mettre la lumière sur les propriétés de l'interface à savoir la hauteur de la barrière de l'interface et surtout sur la résistivité du contact qui est un paramètre primordial pour connaître le type du contact, nous avons choisi de procéder d'abord à une simulation de l'influence de certains paramètres physiques du Semi-conducteur à savoir la largeur du gap ( $E_g$ ), la masse effective et le niveau de fermi sur la résistivité du contact. Nous procéderons ensuite à des mesures sur des contacts que nous avons réalisé (compte tenu de la disponibilité des moyens matériels).

Notre mémoire est organisé comme suit. Le chapitre I est consacré à l'état de l'art sur la jonction Métal Semi-conducteur, les mécanismes de transport à l'interface et les différents courants intervenant à cette interface à la lumière de la recherche bibliographique que nous avons réalisé.

Nous entamons ensuite le deuxième chapitre par une étude théorique consacrée à l'influence des différents paramètres sur la résistivité du contact en utilisant des programmes de simulation conçu sous le MATLAB, en essayant de trouver plusieurs explications aux anomalies ou concordance avec les résultats obtenus expérimentalement.

Un troisième chapitre est consacré aux modèles et méthodes utilisés pour la mesure de la résistance de contact (TLM, CER ETLM) en se basant essentiellement sur la Méthode TLM (Transmission Line Model) la plus utilisée avec une brève comparaison des différents modèles de calcul et de mesure, ainsi que les caractéristiques du contact  $I(V)$  qui permettent de connaître le type de contact réalisé.

## **Introduction Générale :**

---

Au quatrième chapitre est une partie expérimentale dans laquelle nous présentons les différentes méthodes de réalisation et d'élaboration des contacts Métal Semi-conducteur, en se basant sur la méthode de l'évaporation thermique par effet joule réalisée au niveau de l'université de houari boumedienne (USTHB), ainsi que les résultats de mesure I-V utilisant un système automatisé par le logiciel LABVIEW au niveau de l'unité du développement des technologies de Silicium (UDTS). Nous terminons le chapitre par les caractéristiques I-V des échantillons élaborés en déterminant la résistance du contact du la jonction ohmique.

Nous terminons notre mémoire par une conclusion générale par une brève discussion des résultats ainsi et les perspectives de notre travail.