

AMÉLIORATION DE L'IMMUNITÉ AUX BRUITS DE LA DIODE SCHOTTKY PAR INTRODUCTION D'UNE COUCHE DE PASSIVATION

M.Rezki¹, B.Akkal¹, Z.Benamara¹

¹ Laboratoire de microélectronique appliquée, Université Djillali Liabès
Sidi Bel Abbès (22000), Algérie
med_rezki@yahoo.fr

Abstract—

The contribution of this work consists in minimizing the disturbance (noise) that often prevents the various components and systems to operate in a compatible environment. This reduction can be done from the beginning that is to say the design phase by technological change (introduction of a tampon layer). This is well demonstrated in this work. We selected as study base Schottky diode because it is a component that excels in the role of switching.

Résumé—

La contribution de ce travail consiste en la réduction au maximum des perturbations (parasites) qui empêchent fréquemment les différents composants et systèmes de fonctionner dans un environnement compatible. Cette réduction peut se faire dès le début c'est-à-dire dès la phase de conception par modification technologique (introduction d'une couche de passivation). Ceci est bien démontré dans ce travail. On a choisi comme base d'étude la diode Schottky qui est un composant qui excelle dans le rôle de commutation.

Mots clés : Diode Schottky, bruit de fond, bruit de grenaille, couche de passivation.

I. INTRODUCTION

LES perturbations électromagnétiques ou parasites altèrent perpétuellement le bon fonctionnement des composants et par conséquent les systèmes (convertisseurs statiques,...) et peuvent même les rendre incompatibles avec leur milieu environnant.

Ces signaux perturbateurs sont désignés souvent par bruit de fond. Des outils ont été développés afin de pouvoir estimer les contributions parasites, et essayer de s'en affranchir. Ces outils sont basés sur des notions de statistique car ces bruits agissent le plus fréquemment comme des processus aléatoires. Les modèles standard des composants à jonction (diode, IGBT) sont insuffisants pour représenter les effets de variation dynamique de capacité, de traînage du courant ou de recouvrement lors des commutations [1]. Ce qui n'est pas le cas des MOSFETS et leurs dérivés.

Notre étude est basée sur l'utilisation de des procédés technologiques de fabrication afin de réduire à la source les perturbations. Nous avons pris comme exemple une diode de commutation largement utilisée en occurrence la diode Schottky réalisée par un contact Au-InP. L'InP qui

est un composé III-V a une importance considérable, c'est un semiconducteur ayant une température de fusion assez élevée (1070°C) qui fait supporter une croissance épitaxiale convenable.

II. RAPPEL THEORIQUE DES DIODES SCHOTTKY

La jonction d'un semiconducteur –souvent de type N pour raison de mobilité- avec une électrode métallique donne naissance à une diode de commutation unipolaire ou diode de Schottky. Cette diode a beaucoup d'applications surtout dans le domaine du redressement des signaux à hautes fréquences et même à hautes intensités.

L'équation qui régit le fonctionnement de ces diodes est donnée par [2]:

$$I = I_s \left[1 - e^{-qV_G/kT} \right] e^{qV_G/nkT} \quad (\text{II-1})$$

Ou I_s est le courant de saturation, Φ_{Bn} est la hauteur de barrière de potentiel, n facteur d'idéalité et KT/q la tension thermique.

Cette relation fait intervenir le paramètre n appelé facteur d'idéalité. Ce dernier intervient directement sur le taux de bruit de la jonction. Plus ce facteur est proche de

l'unité plus le bruit essentiellement de grenaille diminue [3] [4].

III. LES DIFFERENTES SOURCES DE BRUIT DE FOND

Il y'en a plusieurs sources, parmi eux on cite : bruit de grenaille, bruit thermique, bruit de generation-recombinaison, bruit en 1/f et bruit en créneaux.

Mais les plus répandus de ces bruits sont :

- Bruit thermique, ou bruit Johnson; qui apparaît dans les résistances au sens large du terme. Il est dû à l'agitation thermique des électrons dans les conducteurs et augmente donc avec la température.
- Bruit de grenaille ou bruit de Schottky; il est causé par des discontinuités du débit des porteurs de charge (généralement des électrons), dues à des effets quantiques. De ce fait, ce bruit apparaît dans les sources de courant électroniques (diodes, transistors, tubes...). C'est le principal type des bruits des diodes Schottky.

IV. EXPERIMENTATION

IV-1 Principe et description des mesures I (V_G) :

Pour cette caractéristique nous avons employé un banc de mesure comprenant un porte substrat et un appareillage annexe constitué d'un voltmètre << digital multimeter Model 6DM8034>>, un micro ampèremètre << Philips PM 2521>>, une résistance (R=100Ω) de protection. L'alimentation de circuit est assurée par une source d'alimentation continue <<Philips PE 1536 DC Power Supply 40V, 2A>>. Dans une application de mesure, la plaquette (substrat) repose sur un plateau métallique (porte substrat) équipé d'un système de vide permettant d'assurer un bon contact électrique entre le substrat de la plaquette et le plateau. Les mesures se font dans une cage de Faraday.

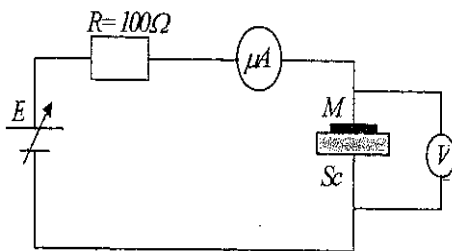


Figure IV-1 : Circuit de mesure des caractéristiques I (V_G).

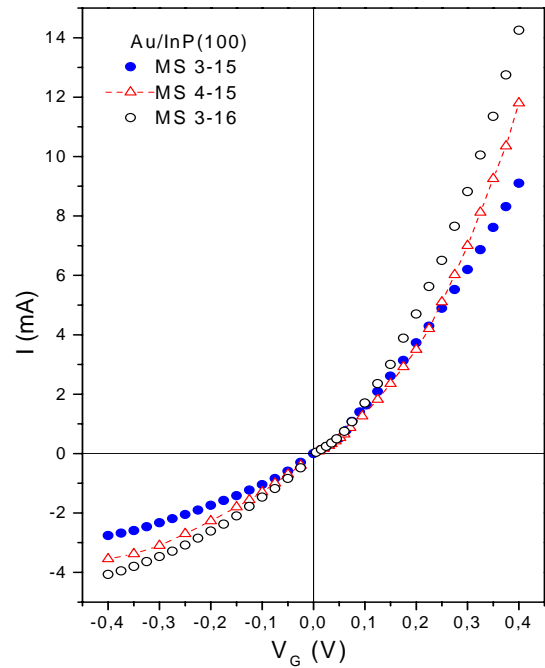


Figure IV-2 : Mesure I (V_G) des contacts Au/InP (100).

IV-2 ETUDE DES SYSTEMES Au/InP (100):

IV-2-1 Etude électrique :

Nous étudierons d'abord les caractéristiques électriques de l'interface Au/InP (100) pour pouvoir constater l'effet de la restructuration après.

La figure (IV-2) montre les courbes I(V_G) expérimentales relevées sur un certain nombre d'échantillons différents dont les propriétés des substrats sont données dans le tableau IV-1.

Les séries des échantillons MS 3-15 , MS 4-15 et MS 3-16 ont des substrats dopés respectivement à $3 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$, $4 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ et $3 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$.

De cette figure on en déduit l'importance du courant inverse expliquée par la quantité de défauts produite lors de la formation de l'interface.

IV-2-2 Exploitation de la caractéristique I (V):

Il s'agit essentiellement d'extraire à partir de cette caractéristique le courant de saturation I_s et le facteur d'idéalité n.

A partir de la relation (II-1), on peut tracer la caractéristique courant-tension dressée en coordonnées semi-logarithmiques de l'échantillon MS 3-15 pris comme exemple et y'est représentée par la figure (IV-3).

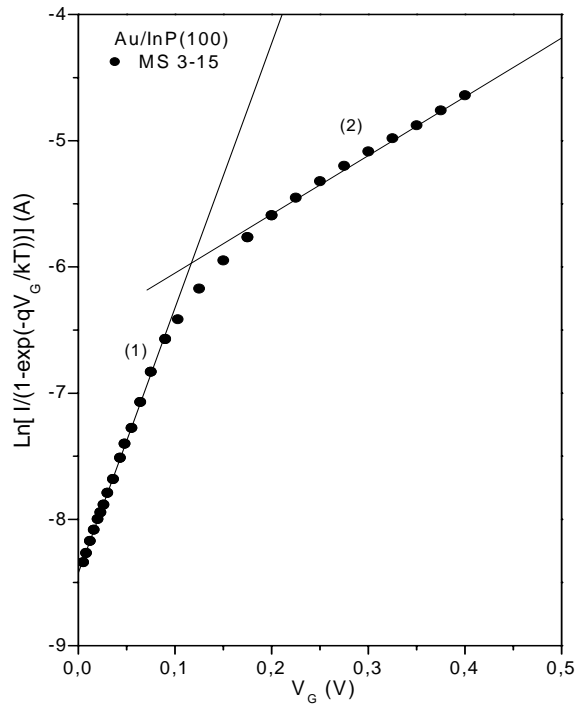


Figure IV-3 : Caractéristique $Ln\left[\frac{I}{1-e^{-qV_g/kT}}\right]=f(V_g)$

La courbe obtenue n'est pas linéaire; donc pour le calcul du facteur d'idéalité moyenne et du courant de saturation, nous considérons la première région linéaire de la caractéristique.

IV-2-2-1 Détermination du courant de saturation :

L'intersection de la droite d'interpolation de la première région linéaire de la courbe $Ln\left[\frac{I}{1-e^{-qV_g/kT}}\right]=f(V_g)$ avec l'axe des courants permet de déterminer le courant de saturation I_s . Les valeurs du courant de saturation I_s obtenues pour les différents échantillons étudiés varient de $1.8 \times 10^{-4} A$ à $2.63 \times 10^{-4} A$, lorsque le dopage augmente de $3 \times 10^{15} cm^{-3}$ à $3 \times 10^{16} cm^{-3}$.

IV-2-2-2 Facteur d'idéalité :

Le facteur d'idéalité n est évalué à partir de la pente de la droite d'interpolation :

$$n = \frac{q}{kT} \cdot \frac{dV_g}{Ln\left[\frac{I}{1-e^{-qV/kT}}\right]} \tag{IV-1}$$

On constate que le facteur d'idéalité n est proportionnel au dopage du substrat, il est estimé à 1.81 pour l'échantillon MS 3-15 et à 1.84 pour l'échantillon MS 3-16.

Les paramètres électriques évalués à partir de la caractéristique $I(V_g)$ pour les différents échantillons à différents dopages sont donnés dans le tableau IV-1.

Série N°	MS 3-15	MS 4-15	MS 3-16
Dopage (cm^{-3})	3×10^{15}	4×10^{15}	3×10^{16}
I_s (A)	1.80×10^{-4}	2.10×10^{-4}	2.63×10^{-4}
n	1.81	1.81	1.84

Tableau IV-1 : Les paramètres électriques des structures Au/InP (100) évalués à partir des Caractéristiques $I(V_g)$.

On voit de ce tableau l'importance du dopage puisqu'il contribue dans les variations des différents paramètres électriques. Le facteur d'idéalité reste loin de l'unité et donc il provoque les perturbations.

IV-3 Etude des systèmes Au/InSb/InP(100) :

Dans cette phase, nous avons créé une couche de stabilisation (In Sb) en faisant évaporer une quantité d'antimoine. Cette couche est une couche de restructuration appelée aussi couche tampon. Afin d'être certain de la disparition de l'indium métallique sans présence d'antimoine excédentaire, une grande quantité d'antimoine a été évaporée et l'excès d'antimoine est éliminé par chauffage du substrat à une température de 300°C.

IV-3-1 Etude électrique :

Les caractéristiques $I(V_g)$ de la figure (IV-4) montrent clairement qu'on a un contact redresseur (Schottky) en ayant en plus un faible courant inverse.

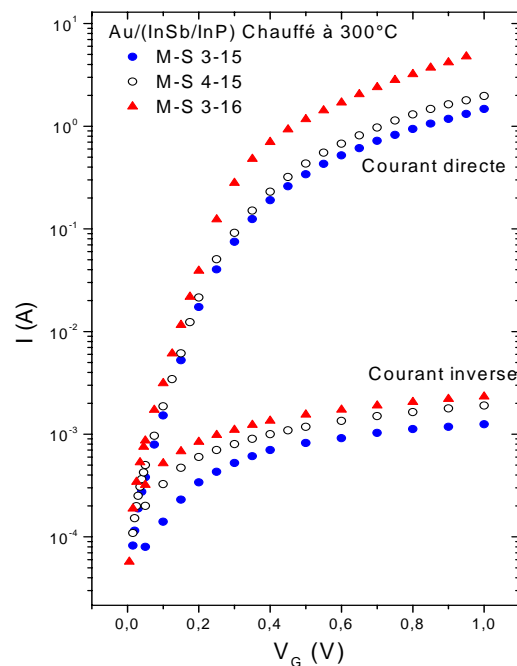


Figure IV-4 : Mesures $I(V_g)$ des contacts Au/(In Sb/InP chauffée).

IV-3-2 Exploitation de la caractéristique I (V):

En utilisant la même méthode traitée dans les systèmes Au/In P (100), On peut extraire les différents paramètres électriques. On les a regroupé dans le tableau (IV-2).

Série N°	MS 3-15	MS 4-15	MS 3-16
Dopage (cm ⁻³)	3×10^{15}	4×10^{15}	3×10^{16}
I _s (A)	1.24×10^{-7}	1.64×10^{-7}	2.90×10^{-7}
n	1.58	1.61	1.63

Tableau IV-2 : les paramètres électriques des contacts Au/(InSb/InP chauffée) évalués à partir des caractéristiques I (V_G).

La remarque qu'on peut tirer de ce tableau est le rapprochement du facteur d'idéalité de la valeur "1" avec une diminution considérable du courant de saturation. Ce qui est un avantage énorme.

VI. CONCLUSION

L'étude faite a déterminé certains paramètres électriques tels que le courant de saturation I_s, le facteur d'idéalité n. Ces paramètres électriques ont été déterminés après l'obtention des caractéristiques courant-tension des diodes Schottky étudiés.

Après restructuration, on a aboutit aux résultats suivants :

- Diminution du courant de saturation.
- Amélioration du facteur d'idéalité, donc réduction du bruit de grenaille qui est la principale source des perturbations régissant les diodes Schottky..

VII. REFERENCES

- [1] François COSTA, Gérard ROJAT, "CEM en électronique de puissance", Ed. Techniques de l'ingénieur, traité Génie électrique, D3292, pp. 10–11.
- [2] A.Singh
Solid State Electronics, Vol. 26, 1983, p 815.
- [3] A.BENKADDOUR, "Conception et modélisation d'un mélangeur de fréquence". Mémoire de Magister en électronique. ENSET d'ORAN, 2002, p.50.
- [4] Z.SOUAR, "Etude et réalisation de diodes Schottky en vue de dispositifs hyperfréquences intégrés". Thèse d'obtention du diplôme de Docteur Ingénieur en électronique. Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de L'Espace-Toulouse (France), 1987, p3-29.