



**HAL**  
open science

## Diodes Schottky diamant fonctionnant à 200°C

Richard Monflier, Karine Isoird, Alain Cazarré, Josiane Tasselli, Alexandra Serval, Jocelyn Achard, David Eon

► **To cite this version:**

Richard Monflier, Karine Isoird, Alain Cazarré, Josiane Tasselli, Alexandra Serval, et al.. Diodes Schottky diamant fonctionnant à 200°C. 2015. hal-01245628v1

**HAL Id: hal-01245628**

**<https://hal.science/hal-01245628v1>**

Preprint submitted on 17 Dec 2015 (v1), last revised 25 Apr 2016 (v2)

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Diodes Schottky diamant fonctionnant à 200°C

Richard MONFLIER<sup>1,2</sup>, Karine ISOIRD<sup>1,2</sup>, Alain CAZARRE<sup>1,2</sup>, Josiane TASSELI<sup>1</sup>, Alexandra SERVEL<sup>3</sup>, Jocelyn ACHARD<sup>4</sup>, David EON<sup>5</sup>

<sup>1</sup>CNRS, LAAS, 7 avenue du Colonel Roche BP54200, F-31031 Toulouse cedex4, France

<sup>2</sup>Univ de Toulouse, UPS, LAAS, F-31031 Toulouse, France

<sup>3</sup>IBS, ZI Peynier-Rousset, Rue Gaston Imbert prolongée, F-13790 Peynier, France

<sup>4</sup>CNRS, LSPM, Université Paris 13, Bâtiment L1 ou L2, 99 avenue Jean-Baptiste Clément, F-93430 Villetaneuse, France

<sup>5</sup>CNRS, Institut Néel, 25 rue des Martyrs BP166, F-38042 Grenoble cedex9, France

**RESUME**—Les caractéristiques courant-tension jusqu'à 200°C de diodes Schottky diamant verticales et pseudo-verticales réalisées dans le cadre du projet DIAMONIX2 sont présentées dans cet article. Sur les différents échantillons testés le taux de fonctionnalité est supérieur à 75%. Pour les diodes verticales la densité de courant atteint 488 A/cm<sup>2</sup> à 200°C, et un courant de fuite < 10<sup>-7</sup> A/cm<sup>2</sup> à 50 V. Toutefois, la hauteur de barrière de 1,96 eV et le coefficient d'idéalité de 1,77 sont certainement causés par une densité de charge importante à l'interface diamant/contact Schottky.

**Mots-clés**—*Diamant, Diode, Schottky, Haute Température, Simulation, Caractérisation.*

## 1. INTRODUCTION

L'électronique de puissance, orientée vers la gestion de l'énergie, occupe désormais une place prépondérante dans les systèmes. Les composants dédiés, majoritairement sur Silicium (Si), atteignent maintenant leurs limites de développement, tant au niveau des hautes températures que des tenue en tension visées. Dans ce contexte de nouveaux matériaux à grand gap tels que le Carbure de Silicium (SiC), le Nitrure de Gallium (GaN) et le Diamant émergent. Le Diamant, bien que moins mature, offre un très fort potentiel pour l'électronique de puissance avec entre autre, une haute conductivité thermique de 20W.cm<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup> et un champ de rupture de 10 MV.cm<sup>-1</sup>.

Une des difficultés majeure est : l'accès à une densité de porteur suffisante à température ambiante, de par une grande énergie d'activation des atomes dopants. A ce titre, le bore et le phosphore possèdent une énergie d'activation respectivement de 0,37eV et de 0,57eV. Une autre difficulté inhérente aux composants verticaux est d'obtenir des couches épaisses (quelques centaines de μm) et fortement dopées.

Nos travaux se placent dans le cadre du projet DIAMONIX2 dont l'un des objectifs est de réaliser des diodes Schottky fonctionnant à 200°C. Dans la continuité des études déjà réalisées au laboratoire cet article porte sur des diodes Schottky diamant de type P, verticales et pseudo-verticales, démontrant un bon rendement et un bon comportement à haute température. Par la suite nous détaillerons les paramètres des échantillons puis présenterons

une caractéristique courant-tension et une comparaison simulation-mesure pour chaque type de diode.

## 2. PRESENTATION DES ECHANTILLONS

Les résultats présentés dans cet article concerne deux échantillons, le premier de type vertical, composé de 64 diodes de 100μm de diamètre et un second de type pseudo-vertical comprenant 24 diodes carrées de différentes tailles.

Les échantillons sont représentés sur la Figure 1, ils sont composés de contact Schottky Ni/Au de 50/450nm et d'un contact ohmique de type Ti/Pt/Au de 50/50/500nm, recuit à 450°C pendant 30 min. La couche P- a été réalisé par l'Institut Néel et la couche P+ par le LSPM, cependant le dopage n'est pas connu avec exactitude.

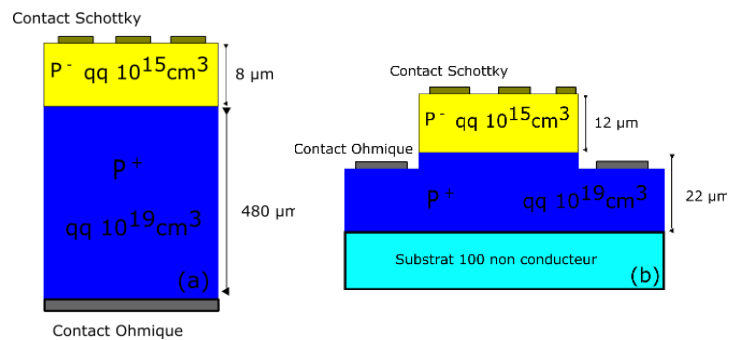


Figure 1: Coupe schématique des échantillons, (a) vertical, (b) pseudo-vertical

## 3. CARACTERISTIQUE COURANT-TENSION EN TEMPERATURE

### 3.1. Echantillon vertical

#### 3.1.1. Mesures I(V) sous polarisation directe

Les mesures en température ont été effectuées sous pointe avec un Agilent 4142, sur les 64 diodes mesurées 48 sont fonctionnelles à 200°C. La Figure 2 illustre la caractéristique typique d'une diode verticale. A température ambiante une densité de courant de 92A/cm<sup>2</sup> et une résistance de 934Ω sont obtenues. L'activation des dopants par la température conduit à une densité de courant de 488A/cm<sup>2</sup> à 200°C. La hauteur de barrière est de 1,96eV et le facteur de non-idéalité de 1,77. Sous polarisation inverse un

courant de fuite de 1pA jusqu'à 50V est relevé, laissant présager une forte tenue en tension.

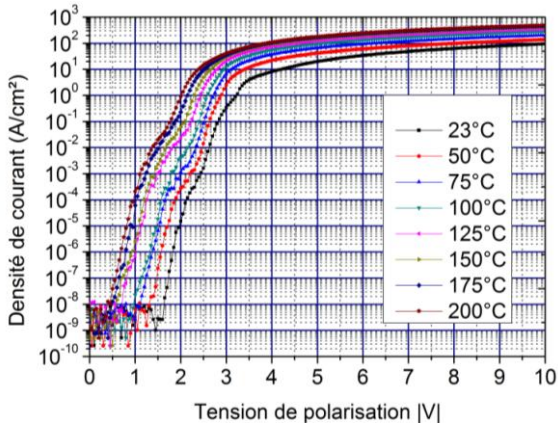


Figure 2: Caractéristique d'une diode verticale sous polarisation directe en fonction de la température.

### 3.1.2. Simulations I(V) sous polarisation directe

Les simulations physiques présentées dans cette partie ont été réalisées avec SENTAURUS TCAD [1]. Les modèles et paramètres utilisés sont détaillés dans la thèse de F. Thion [2].

Pour ce type de diode, plusieurs simulations avec des dopages différents ont été effectuées. Les dopages utilisés dans la simulation 2 permettent d'obtenir une résistance série de 860 ohms identique à celle obtenus en mesure (Figure 3). Le fort coefficient d'idéalité et la différence de tension seuil observés semblent être la conséquence d'une densité de charge abondante à l'interface.

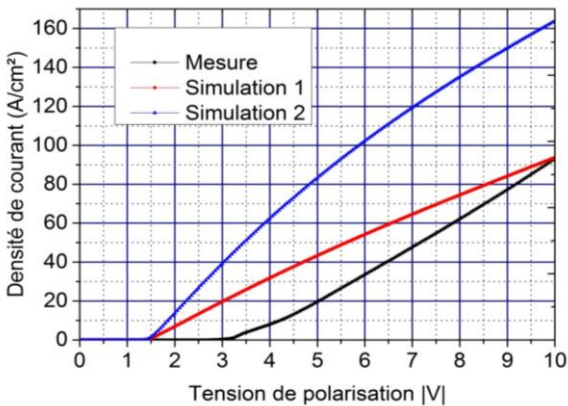


Figure 3 : Confrontation simulation-mesure à 296K : Simulation 1 avec un dopage pour la couche P- :  $10^{15}\text{cm}^{-3}$  pour la couche P+ :  $10^{19}\text{cm}^{-3}$  ; Simulation 2 avec un dopage pour la couche P- :  $3.10^{15}\text{cm}^{-3}$  pour la couche P+ :  $6.10^{19}\text{cm}^{-3}$ .

Sous polarisation inverse avec les paramètres d'ionisation de Rashid et al [3], l'avalanche apparaît aux alentours de 1600V, le faible courant de fuite mesuré et la concordance des mesures avec les simulations confirment les perspectives de forte tenue en tension.

## 3.2. Echantillon pseudo-vertical

### 3.2.1. Mesures I(V) sous polarisation directe

Les mesures ont été réalisées dans les mêmes conditions que le précédent échantillon, les 24 diodes testées sont

fonctionnelles à 200°C. La Figure 4 représente la caractéristique typique d'une diode Schottky pseudo-verticale de  $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$  en fonction de la température. La densité de courant à température ambiante est de  $17\text{A/cm}^2$  avec une résistance de  $310\Omega$ , une faible évolution est observée à 200°C avec une densité de courant de  $48\text{A/cm}^2$ , des valeurs plus élevées étaient attendues. La hauteur de barrière est de  $1,71\text{eV}$  et le facteur de non-idéalité s'avère élevé proche de 2.

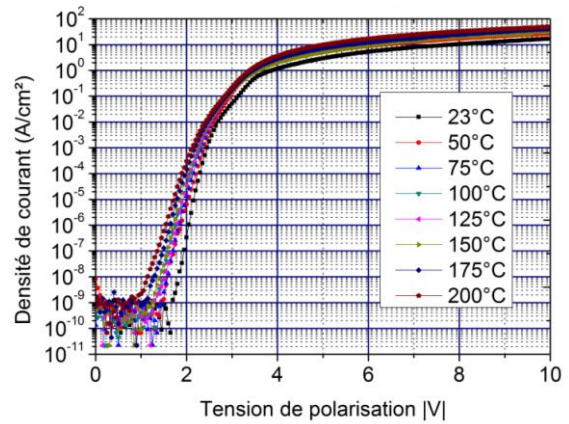


Figure 4: Caractéristique en température d'une diode pseudo-verticale sous polarisation directe

### 3.2.2. Simulations I(V) sous polarisation directe

Une large différence de densité de courant entre simulation et mesure est constatée. La résistance de contact ohmique due à un dopage insuffisant ( $qq \cdot 10^{19} \text{cm}^{-3}$ ) de la couche P+ limite la densité de courant ce qui a pour conséquence d'obtenir à température ambiante  $17\text{A/cm}^2$  au lieu de  $75\text{A/cm}^2$  attendu.

## 4. CONCLUSION

Les résultats présentés démontrent un fort taux de fonctionnalité sur les deux échantillons sélectionnés, vertical et pseudo-vertical avec respectivement 75% et 100% de diode fonctionnelles à 200°C et un courant de fuite de l'ordre du pA sous 50 V.

Les deux échantillons ont un facteur de non-idéalité élevés, des charges à l'interface pourraient être la cause de ce phénomène et l'échantillon pseudo-vertical a une densité de courant faible qui pourrait être engendré par la résistance de contact.

L'article final abordera des simulations plus approfondis, des mesures C(V) et présentera d'autres résultats inhérents à d'autres composants.

## 5. REFERENCES

- [1] « Sientaurus User Guide I-2013.12 »
- [2] F.Thion, "Conception de protections périphériques applicables aux diodes Schottky réalisées sur diamant monocristallin", INSA de Lyon, 2012
- [3] S. J. Rashid, A. Tajani, D. J. Twitchen, L. Coulbeck, F. Udrea, T. Butler, N. L. Rupesinghe, M. Brezeanu, J. Isberg, A. Garraway, M. Dixon, R. S. Balmer, D. Chamund, P. Taylor, and G. A. J. Amaratunga, "Numerical Parameterization of Chemical-Vapor-Deposited (CVD) Single-Crystal Diamond for Device Simulation and Analysis," *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 55, no. 10, pp. 2744–2756, 2008.