



HAL
open science

Etude de différents transistors de puissance SiC 1.2kV des températures cryogéniques aux hautes températures

Thibaut Chailloux, Cyril Calvez, Dominique Tournier, Dominique Planson

► To cite this version:

Thibaut Chailloux, Cyril Calvez, Dominique Tournier, Dominique Planson. Etude de différents transistors de puissance SiC 1.2kV des températures cryogéniques aux hautes températures. Symposium de Génie Electrique (SGE'14), Jul 2014, Cachan, France. hal-01065281

HAL Id: hal-01065281

<https://hal.science/hal-01065281>

Submitted on 18 Sep 2014

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.

Etude de différents transistors de puissance SiC 1.2kV des températures cryogéniques aux hautes températures.

Thibaut CHAILLOUX, Cyril CALVEZ, Dominique PLANSON, Dominique TOURNIER

Laboratoire Ampère, INSA de Lyon, 21 Av. J. Capelle, 69100 VILLEURBANNE, France

RESUME – Le but de cette étude consiste à comparer les effets de la température sur différents transistors de puissance en SiC. Leurs caractéristiques ont été mesurées pour des températures de 80K à 525K. Tous les composants semblent fonctionnels à haute température. Cependant, le MOSFET SiC étudié n'est pas très performant à température cryogénique tandis que le BJT en SiC considéré est moins affecté par la température que les autres composants en particulier à basse température.

MOTS-CLES – SiC, BJT, MOSFET, JFET, température cryogénique, haute température.

1. Introduction

Le silicium a longtemps été le matériau dominant pour les composants de puissance haute tension. Mais grâce aux avancées significatives dans la filière SiC, ce matériau a atteint un bon niveau de maturité, qui a d'ailleurs été confirmé par de récentes études de fiabilité sur les transistors (JFET, MOSFET and BJT) ainsi que sur des modules de puissance. Dans la plupart des cas, les performances des composants SiC sous haute tension ou fort courant ont été prouvées pour des températures allant jusqu'à 450K [1,2]. Le fonctionnement des JFET verticaux (VJFET) en SiC ont été prouvés à haute température [3] et à température cryogénique [4] et ont révélé avoir de bonnes performances entre 100K et 473K. Des transistors bipolaires (BJT) en 4H-SiC à 100K ont aussi été étudiés [5].

Cependant aucune étude comparative entre JFET, MOSFET, et BJT sur une large gamme de température n'a été menée jusqu'à présent. Ainsi nous nous proposons d'étudier dans des conditions identiques, à température cryogénique et à haute température des composants de différentes natures, commercialement disponibles et avec une meilleure maturité que ceux étudiés précédemment.

2. Dispositifs de mesure

Des caractérisations statiques et dynamiques ont été réalisées pour des températures allant de 80K à 525K sur des JFET, MOSFET et BJT 1,2kV. Un cryostat à azote liquide (point d'ébullition : 77.36K) a été utilisé pour fixer la température de 80K à 525K sous vide ($2 \cdot 10^{-3}$ mbar). Les caractéristiques électriques ont été mesurées grâce à un traceur Agilent B1505 afin d'extraire les paramètres clés des composants de puissance (R_{ON} , V_{TH} , I_{LEAK}) et un oscilloscope Tektronix DPO4014B afin d'extraire les temps de commutation ($t_{d(ON)}$, $t_{d(OFF)}$) sur charge résistive (Figure 1). En particulier, la résistance spécifique à l'état passant est un paramètre très important sur lequel nous avons consacré la première partie de notre analyse car elle est responsable d'une partie non-négligeable des pertes du composant. Sa variation avec la température est fonction de différents phénomènes physiques liés à la nature unipolaire ou bipolaire des composants étudiés.

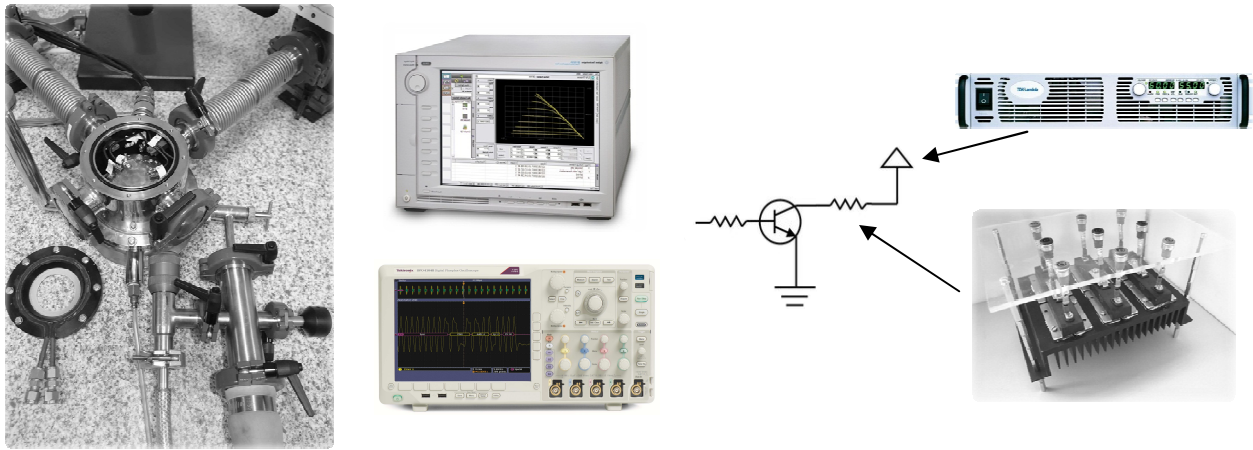


Figure 1: Dispositifs de mesure. De gauche à droite. Cryostat. Traceur Agilent B1505 (haut). Oscilloscope Tektronix DPO4014B (bas). Schéma de mesure en commutation sur charge résistive. Alimentation TDK-Lambda 600V-5.5A (haut). Charge résistive modulable (bas).

3. Composants caractérisés

Les tests sont réalisés sur différents transistors en SiC (BJT, JFET, MOSFET). Les MOSFETs sont des CMF20120D de CREE, en boîtier TO2047. Nous avons utilisé des JFETs Semisouth : SJEP120R050 (Normally-Off) et SJDP120R045 (Normally-On). Enfin pour les BJTs, nous avons utilisé des BT1220AB de Fairchild en boîtier TO258 et des GA16JT17 GeneSiC en boîtier TO247 vendu sous le terme SJT (Super Junction Transistor).

Leurs caractéristiques sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1 : caractéristiques de composants étudiés.

| Composant | V_{max} [V] | I_{max} [A] | R_{on} [m Ω] à 300K |
|--|---------------|---------------|-------------------------------|
| MOSFET CREE CMF20120D | 1200 | 42 | 80 |
| JFET Normally Off Semisouth SJEP120R050 | 1200 | 38 | 40 (90 à 400K) |
| JFET Normally ON Semisouth SJDP120R045 | 1200 | 48 | 45 |
| BJT Fairchild BT1220AB | 1200 | 20 | 25 (50 à 525K) |
| SJT GeneSiC GA16JT17 | 1700 | 16 | 110 (280 à 450K) |

4. Premières mesures et résultats

Les caractéristiques électriques ($I_{CE}-V_{CE}$ pour les BJT/SJT et $I_{DS}-V_{DS}$ pour les autres) ont été mesurées à des températures de 80K à 525K et les résistances à l'état passant ont été extraites.

Les figures 2, 3 et 4 montrent la résistance à l'état passant pour une tension de grille ou un courant de base donné, en fonction de la température.

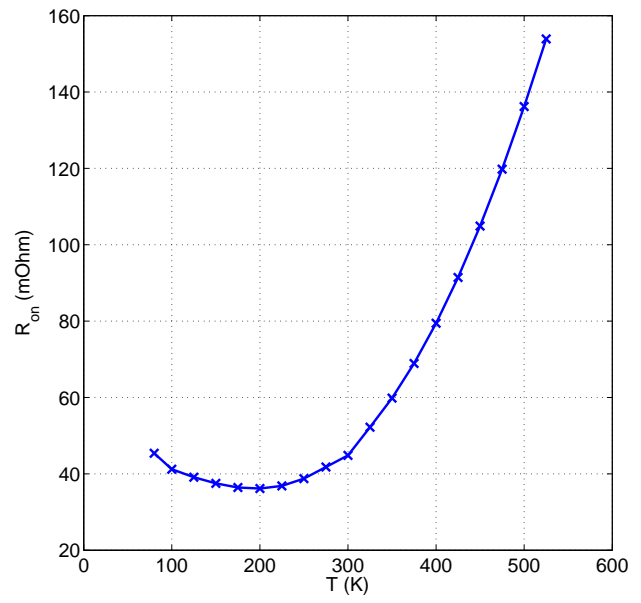
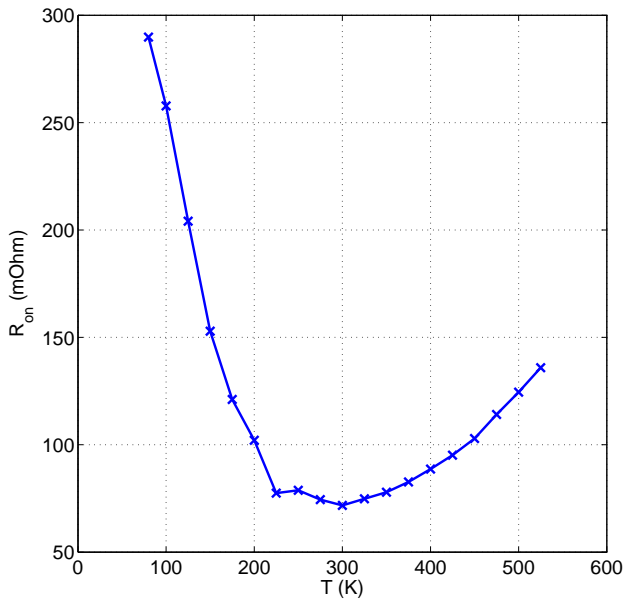


Figure 2 : Evolution de la résistance à l'état passant avec la température. (a) Left: CREE MOSFET. $V_{GS}=20V$. (b) Right: Semisouth Normally-Off JFET. $V_{GS}=4V$.

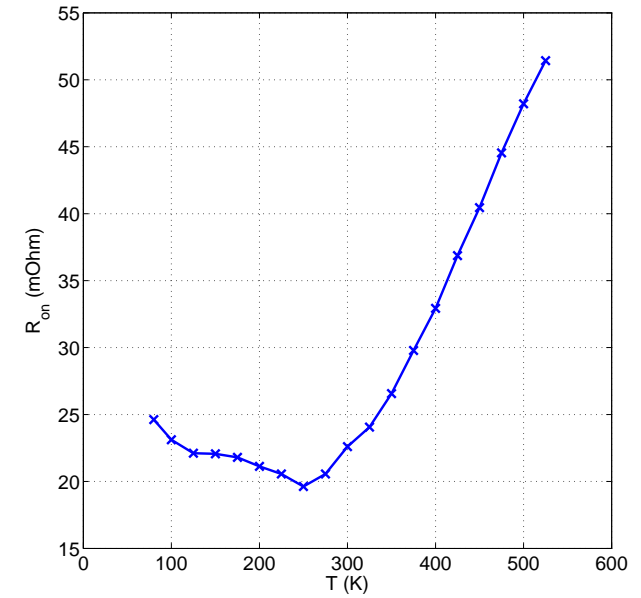
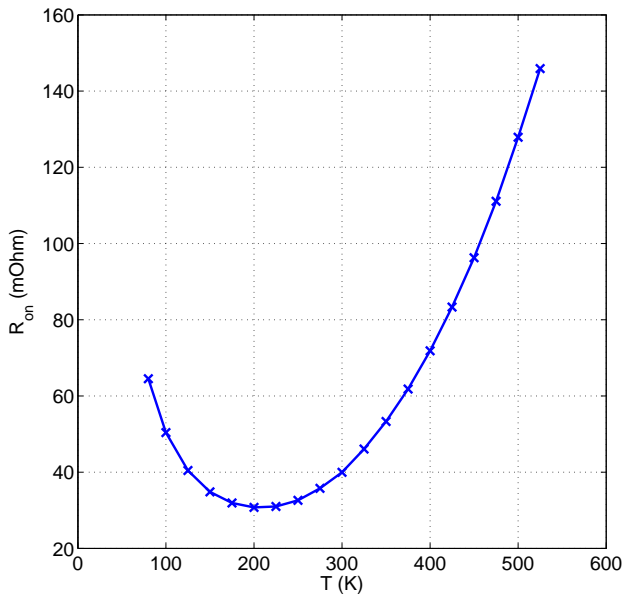


Figure 3 : Evolution de la résistance à l'état passant avec la température. (a) Left: Semisouth Normally-On JFET. $V_{GS}=0V$. (b) Right: Fairchild BJT. $I_{BE}=0.4A$.

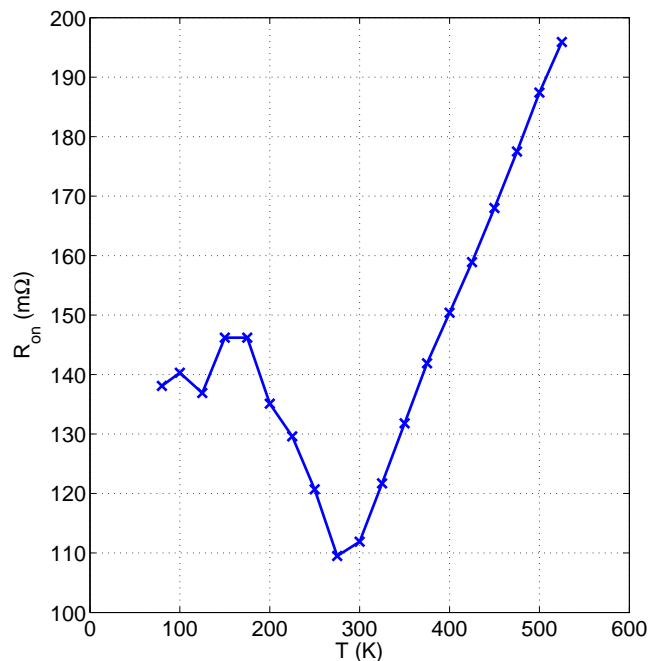


Figure 4 : Evolution de la résistance à l'état passant avec la température. GeneSiC SJT. $I_{BE}=0.4A$.

5. Conclusions et perspectives

En considérant la faible variation de la tension de pincement des transistors à effet de champ, la variation modérée du gain en courant des BJTs et les valeurs des résistances à l'état passant, tous les transistors semblent jusqu'à présent acceptables à haute température.

Cependant le MOSFET ne semble pas conseillé pour les fonctionnements à température cryogénique en raison de l'augmentation importante de sa tension de pincement dans ces conditions. En revanche le BJT de Fairchild semble clairement au-dessus du lot grâce à la faible variation de sa résistance à l'état passant et son bon gain en courant à basse température.

L'article final présentera des caractérisations supplémentaires telles que les gains en courant ou les transconductances ainsi que les temps de commutations, afin de conclure sur les pertes totales des transistors et leur stabilité en température.

6. Références

- [1] R. Green, A. Lelis, D. Habersat. Application of reliability test standards to SiC power MOSFETs. In Reliability Physics Symposium (IRPS), 2011 IEEE International, pages EX.2.1 –EX.2.9, april 2011.
- [2] A. Lelis, D. Habersat, R. Green, A. Ogunniyi, M. Gurfinkel, J. Suehle, N. Goldsman, Time Dependence of Bias-Stress-Induced SiC MOSFET Threshold-Voltage Instability Measurements, IEEE Trans. On Elec. Dev., VOL. 55, NO. 8, AUGUST 2008
- [3] J. Merrett, W. Draper, J.R.B. Casady, J. B. Casady, I. Sankin, R. Kelley, V. Bondarenko, M. Mazzola, D. Seale, "SiC VJFETs Operated at Junction Temperatures Exceeding 300 °C," Proceedings of IMAPS-HiTEC 2004, May 17-20, 2004, Santa Fe, NM, USA.
- [4] L. Cheng, I. Sankin, N. Merrett, V. Bondarenko, R. Kelley, S. Purohit, Y. Koshka, J. Casady, M. Mazzola, Cryogenic and high temperature performance of 4H-SiC vertical junction field effect transistors (VJFETs) for space applications, ISPSD, 2005.
- [5] S. Balachandran, T. P. Chow, A. Agarwal, "Low and High Temperature Performance of 600V 4H-SiC Epitaxial Emitter BJTs, ECSCRM2004, Aug. 31-Sept. 4, 2004, Bologna, Italy.