



HAL
open science

Réalisation de contact ohmique sur SiC-4H type P

Farah Laariedh, Mihai Lazar, Pierre Cremillieu, Jean -Louis Leclercq,
Dominique Planson

► **To cite this version:**

Farah Laariedh, Mihai Lazar, Pierre Cremillieu, Jean -Louis Leclercq, Dominique Planson. Réalisation de contact ohmique sur SiC-4H type P. JNRDM2011, May 2011, Paris, France. hal-04560246

HAL Id: hal-04560246

<https://hal.science/hal-04560246>

Submitted on 26 Apr 2024

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.

Réalisation de contact ohmique sur SiC-4H type P.

F. Laariedh^a, M. Lazar^a, P. Cremillieu^b, J.-L. Leclercq^b and D. Planson^a

^aUniversité de Lyon, CNRS, Laboratoire Ampère, INSA-Lyon, Ampère, UMR 5005, F-69621, France

^bUniversité de Lyon, Institut des Nanotechnologies de Lyon (INL), UMR CNRS 5270, 69134 ECULLY Cedex France

I. Introduction

La miniaturisation des composants, leur intégration, sont aujourd'hui des axes forts de recherche en électronique de puissance. Durant les trois décennies passées, de nouveaux composants à base de semiconducteurs à large bande interdite sont apparus dans le domaine des applications de puissance, de l'industrie d'automobile, de l'aéronautique, des forages pétroliers....

La croissance des besoins en performance des composants conduit à atteindre de plus en plus les limites physiques du semiconducteur le plus courant, le silicium. De plus en plus, les niveaux de température et de tension rendent extrêmes les conditions d'utilisation des composants. Il faut alors envisager des solutions alternatives au silicium, comme les matériaux semiconducteurs à large bande interdite dont fait parti le carbure de silicium (SiC). Tous les composants à base de carbure de silicium ont une propriété commune qui les rend extrêmement intéressants du point de vue de l'électronique de puissance de par leur capacité à pouvoir opérer à haute température et sous forte tension inverse. Les technologies SiC sont donc appelées à jouer un rôle majeur au cours des années à venir. Pour atteindre ce but, il est devenu nécessaire de maîtriser toutes les étapes de mise en forme du matériau et des composants.

Dans ce papier, nous développons une étape cruciale pour la fabrication des composants SiC basée sur la maîtrise du contact ohmique de type-P.

Le fonctionnement et la fiabilité des composants bipolaires en SiC pour la haute tension ainsi que de ceux unipolaires avec des prises de contacts sur les zones p sont extrêmement dépendants de la qualité des contacts ohmiques sur le SiC de type P. Des faibles résistances spécifiques de contacts doivent être obtenues afin de diminuer les résistances à l'état passant ainsi que les pertes en commutation des composants.

II. Réalisation du contact ohmique de type P sur SiC

A travers la littérature, on relève beaucoup de difficultés dans la réalisation des contacts sur le SiC de type p. L'origine de ces problèmes est attribuée à sa large bande interdite et à la difficulté de trouver

un métal ayant une affinité électronique pouvant correspondre à celle du SiC [1]. Principalement, on trouve dans les publications, des contacts ohmiques formés à partir d'alliages à base de Ni, Al, Ti et/ou Pt.[2-6]. La présence de l'Aluminium s'explique par le fait que celui-ci permettrait une diffusion des atomes d'Al à la surface du semi-conducteur pendant le recuit pour augmenter le dopage au niveau du contact [7]. Le Nickel est souvent utilisé pour la fabrication de contacts ohmiques sur le SiC de type n favorisant la formation de siliciures à l'interface avec le SiC [8,9]. Le Platine possède un travail de sortie, l'un des mieux placé pour la réalisation de contacts ohmiques sur le SiC de type P [10]. D'une manière générale il existe une difficulté dans la reproductibilité de contacts ohmiques de qualité due principalement à l'oxydation de la surface ou entre les différentes couches métalliques.

Dans notre étude, nous avons testé plusieurs alliages à base de ces métaux (Ni, Ti, Al et/ou Pt) recuits dans des fours de type RTA (Rapid Thermal Annealing), JIPELEC à lampe sous flux d'argon. Ces fours permettent d'avoir des rampes de chauffe jusqu'à 100°C/s.

Afin d'évaluer les résistances spécifique de contacts, des structures TLM (Transfer Length Method) linéaires (figure 1.a,b) ont été fabriquées avec un espace entre les plots qui varie de 25 à 75 μm . Les couches SiC de type P ont été isolées par des mesas gravés et la conduction bidimensionnelle est rendue négligeable en utilisant des plots très larges. Concernant les couches métalliques déposées, les différentes séquences d'empilement utilisées sont reportées dans le tableau 1. Ces recettes ont été choisies suite à nos études précédentes sur les contacts ohmiques sur SiC de type P à base de Ni/Al [2], Ni/Ti [4] et Al/Ti [3]. Nous avons aussi essayé d'adapter à nos équipements des données déjà publiées ou déjà utilisées sur d'autres plateformes technologiques [1].

Le recuit de nos contacts métalliques a été fait sous argon avec un nettoyage préalable de la chambre sous vide primaire. Concernant la rampe de montée nous avons volontairement appliqué un pallier intermédiaire à une température relativement basse, 350°C, pour former un alliage entre les couches métalliques avant la montée rapide de 50°C/s à la température nécessaire pour former les contacts ohmiques située entre 700°C et 1000°C (figure 3).

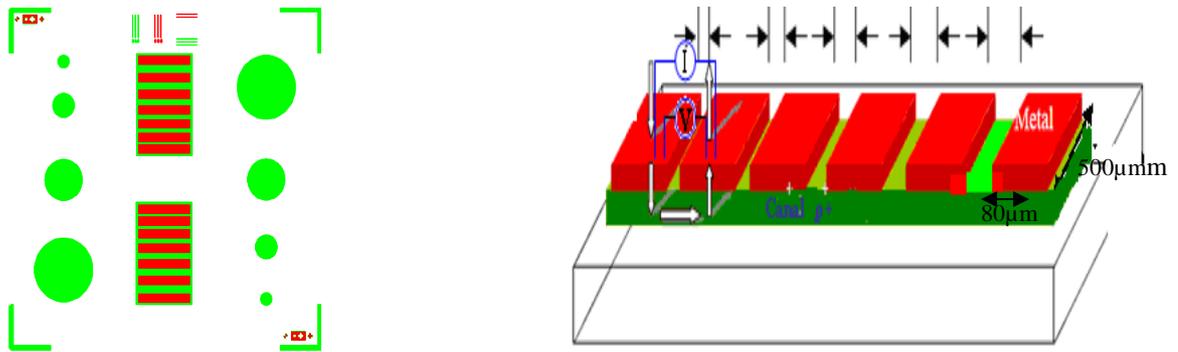


Fig.1 : a) Champ du "layout" TLM et diodes. b) présentation schématique des TLM.

Composition de contact métallique	épaisseur de couches (nm)	Concentration du dopage des couches SiC type P (cm^{-3})
Ti-Al-Ti-Pt-Ni	4-60-100-25-25	4×10^{19}
Ti-Al-Ti-Ni	5-60-30-100	4×10^{19}
Ni-Ti-Al	25-50-300	4×10^{19}
Ni-Ti-Al	12.5-25-150	3×10^{19}
Ni -Ti-Al- Ni	12.5-50-300-12.5	4×10^{19}
Ni -Ti-Al- Ni	10-40-240-10	3×10^{19}
Ni -Ti-Al- Ni	5-20-120-5	3×10^{19}

Tableau 1: les configurations de différents empilements réalisés.

III. Résultats et discussion

Les figures suivantes présentent les résultats obtenus en terme de résistance spécifique de contact sur le SiC type P. Les alliages Ni/Ti/Al/(Ni) présentent bien une caractéristique linéaire de contact ohmique contrairement aux empilements Ti/Al/Ti/Pt/Ni et Ti/Al/Ti/Ni où la non linéarité ne nous permet pas de conclure sur l'ohmicité (fig. 2).

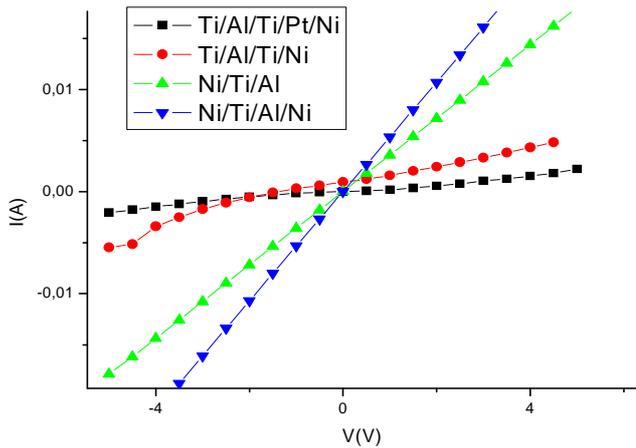


Fig. 2. Mesure I_V pour les empilements Ni/Ti/ Al/Ni; Ni /Ti/Al ; Ti/Al/Ti/Ni; et Ti/Al/Ti/Pt/Ni après un recuit à 800 °C pendant 90s

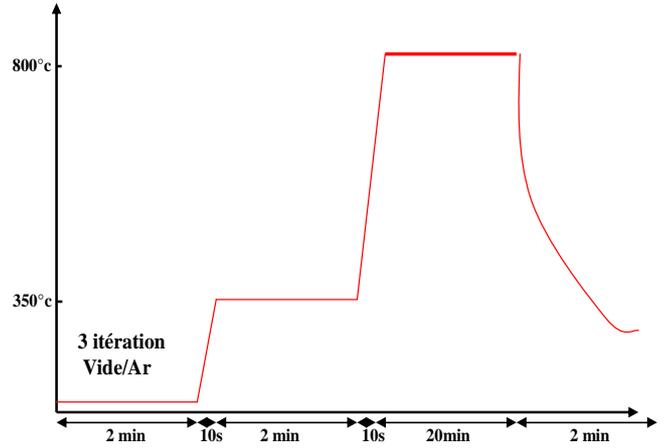


Fig.3 courbe de recuit avec 2 paliers.

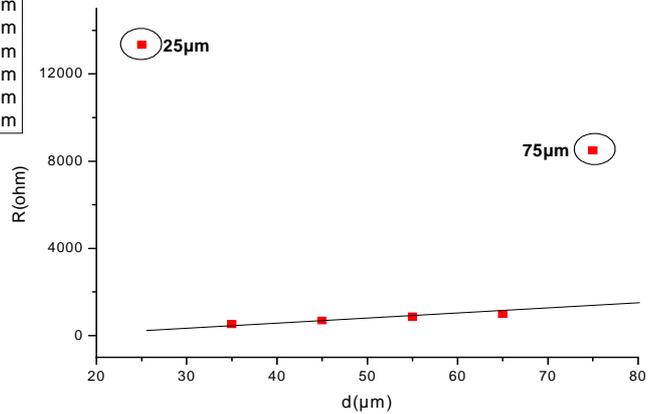
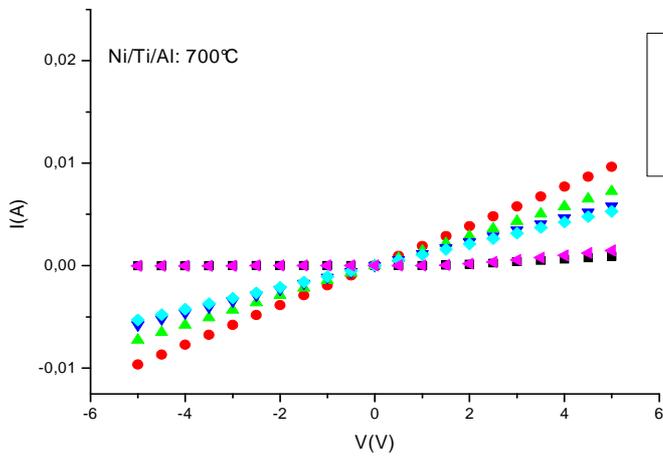


Fig.4 : a) Mesure I_V, b) résistance entre plots TLMs en fonction de la distance entre eux pour Ni/Ti/Al après un recuit à 800°C, pendant 90s.

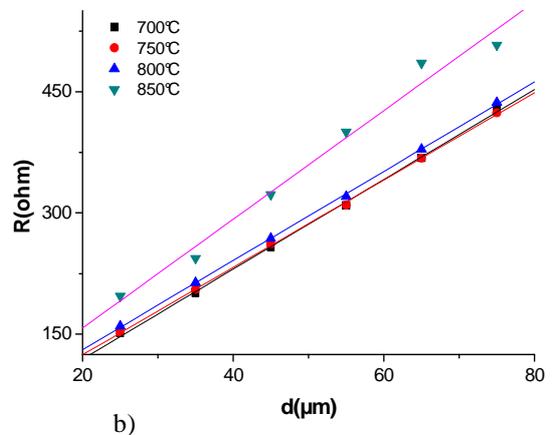
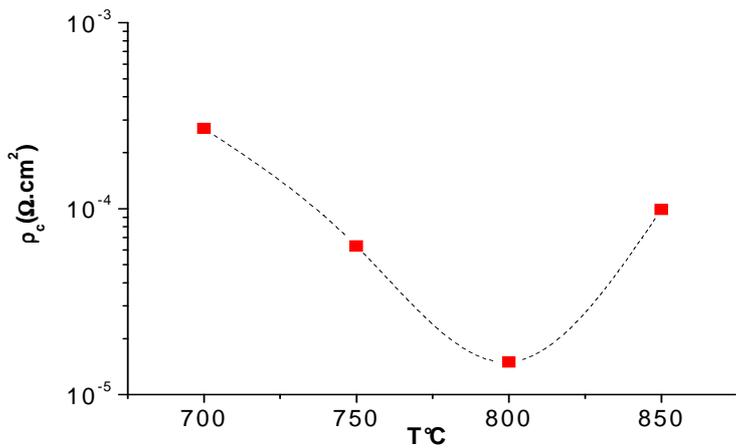


Fig.5: a) dépendance de la résistance spécifique du contact Ni(10)/Ti(40)/Al(240)/Ni(10nm) en fonction de la température. b) Résistance en fonction de la distance interplots.pour différentes températures de recuit

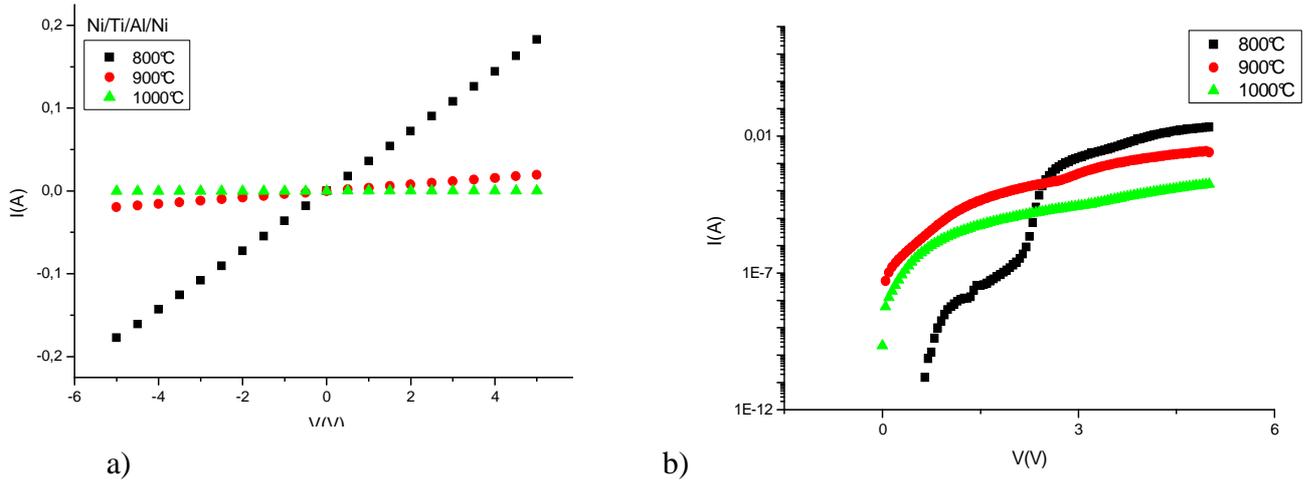


Fig.6 : a) Mesure I_V de TLMs, b) Mesure I_V de diodes après des recuits à 800, 900 et 1000°C.

La figure 4 présente la séquence d'empilement Ni/Ti/Al. Nous remarquons le rôle bénéfique du Ni dans la formation des contacts ohmiques par sa présence à l'interface avec le SiC. Malgré le caractère ohmique obtenu, cependant nous n'observons pas une grande variation de courant en fonction de la tension et la distance. Les contacts métalliques présentent une couche isolante en surface pour toutes les températures de recuit. Ceci rend difficile la prise des contacts et la caractérisation électrique ne peut être faite qu'une fois cette couche enlevée par action mécanique. La tendance de l'Aluminium à s'oxyder très facilement peut expliquer cette observation. Pour résoudre ce problème, on finit l'empilement avec une couche de protection de Nickel pour éviter l'oxydation de l'aluminium (figure 2 et 5).

La figure 5 présente les résultats pour la séquence d'empilement Ni/Ti/Al/Ni. On remarque une variation linéaire et un alignement parfait des points, ce qui montre la qualité des contacts ohmiques. De plus, en regardant l'influence des températures de recuit, on observe que les résistances des contacts ohmiques diminuent jusqu'à 800°C pour augmenter ensuite d'une manière significative à cause d'une probable dégradation des contacts.

Ce résultat est confirmé en testant les diodes fabriquées en même temps que les structures TLMs (figure 6). On observe que le courant à 5V diminue notamment de 0.1A pour un recuit de 800°C à 2.5×10^{-4} A pour un recuit de 900°C et à 4.3×10^{-6} A pour le recuit à 1000°C.

Les résistances spécifiques de contact obtenues pour les alliages Ni/Al/Ti et Ni/Al/Ti/Ni sont de l'ordre de $1 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$. Nos résultats comparés à l'état de l'art font partie des meilleurs.

IV. Conclusion

Nous avons testé plusieurs recettes pour former des contacts ohmiques sur des couches SiC de type P. Nous avons regardé l'influence de la nature des couches métalliques, leur disposition séquentielle et leurs épaisseurs ainsi que le traitement thermique nécessaire à la formation des

contacts ohmiques. Nous avons montré le rôle important que joue le Nickel, sa présence dans une quantité bien définie étant primordiale à l'interface avec le SiC et à la surface de l'empilement pour éviter la formation des couches isolantes.

Une quantité importante d'Aluminium est aussi nécessaire lors de la réalisation de ces contacts ohmiques. Concernant le Platine nous n'avons pas trouvé une influence positive dans la formation des contacts ohmiques, en utilisant les équipements qui sont mis à notre disposition, malgré son travail de sortie qui semble le mieux adapté par rapport au SiC de type P.

L'empilement Ni/Ti/Al/Ni (10-40-240-10nm) nous a permis d'obtenir des résultats très satisfaisants à l'état de l'art pour des températures de recuits situées entre 700 et 800°C.

Références :

- [1] Roccaforte Fabrizio, LA VIA Francesco, Raineri Vito, "Ohmic contacts to SiC", International journal of high speed electronics and systems ", 2005, vol. 15, no4, pp. 781-820
- [2] H. Vang, M. Lazar , P. Brosselard, C. Raynaud, P. Cremillieu, J.-L. Leclercq, J.-M. Bluet, S. Scharnholz, D. Planson, "Ni–Al ohmic contact to p-type 4H-SiC", Superlattices and Microstructures 40 (2006) 626–631
- [3] R. Nipoti, F. Moscatelli, A. Scorzoni, A. Poggi, G. Cardinali, M. Lazar, C. Raynaud, D. Planson, M.-L. Locatelli, J.-P. Chante, "Contact Resistivity of Al/Ti Ohmic Contacts on p- Type Ion Implanted 4H- and 6H-SiC". 2002 MRS Fall Meeting, Symposium K Silicon Carbide - Materials, Processing and Devices , Boston, Massachusetts, USA, Déc. 2-6, 2002
- [4] M. Soueidan, M.Lazar, D.M.Nguyen, D.Tournier, C.Raynaud, and D.Planson, "Process Optimization for High Temperature SiC Lateral Devices", Materials Science Forum, 615-617 (2009) pp585.
- [5] Ryohei Konishi, R. Yasukochi, O. Nakatsuka, Y. Koide, M. Moriyama, M. Murakami, "Development of Ni/Al and Ni/Ti/Al ohmic contact materials for p-type 4H-SiC" .Mater. Sci. Eng., B 98, 286-293 (2003).
- [6] J. Johnson Brian, Michael A. Capano, "Mechanism of ohmic behavior of Al-Ti contacts to p-type 4H-SiC after annealing", Journal Of Applied Physics 95,Nb10 (2004).
- [7] Roumen Kakanakov, Liliana Kassamakova, Ivan Kassamakov, Konstantinos Zekentes, Nikolay Kuznetsov, "Improved Al:Si ohmic contacts to p-type 4H-SiC", Materials Science and Engineering B80 (2001) 374–377.
- [8] L.M. Porter, R.F. Davis, Mater. Sci. Eng. B34 (1995) 83-105.

- [9] I. P. Nikitina, a) K. V. Vassilevski, N. G. Wright, A. B. Horsfall, and A. G. O'Neill, "Formation and role of graphite and nickel silicide in nickel based ohmic contacts to n-type silicon carbide" *Journal Of Applied Physics* 97, 083709 (2005).
- [10] K. Vassilevsk, K. Zekentes, K. Tsagaraki, G. Constantinidis, I. Nikitina "Phase formation at thermal annealing of Al/Ti/Ni ohmic contact 4H-SiC" *Mater. Sci Eng., B* 80, 370-375 (2001).