

M.R.S. Europe
Strasbourg (France)
CEA-CONF--7059

20-22 May 1983

RECUIT D'IMPLANTATION PAR FAISCEAU

D'ELECTRONS BALAYES

C. JAUSSAUD - B. BIASSE, A.M. CARTIER

L.E.T.I. - M.S.C.

et

A. BONTEMPS*

D.R.F. - Physique du Solide

Centre d'Etudes Nucléaires

85 X

38041 Grenoble Cedex, France

* Université Scientifique et Médicale de Grenoble.

FR8400426

M.R.S. Europe
Strasbourg (France)
CEA-CONF--7059

20-22 May 1983

RECUIT D'IMPLANTATION PAR FAISCEAU

D'ELECTRONS BALAYES

C. JAUSSAUD - B. BIASSE, A.M. CARTIER

L.E.T.I. - M.S.C.

et

A. BONTEMPS*

D.R.F. - Physique du Solide

Centre d'Etudes Nucléaires

85 X

38041 Grenoble Cedex, France

* Université Scientifique et Médicale de Grenoble.

Résumé - Des échantillons de silicium dopés au Bore par implantation (BF_2 , 30 Kev, 10^{15} ions $\times \text{cm}^{-2}$) ont été recuits à l'aide d'un faisceau d'électrons balayés, à des températures allant de 1000 à 1200°C. Les courbes de R_{\square} en fonction du temps de recuit présentent un minimum. Des dosages de Bore par réaction nucléaire ont montré que l'augmentation du R_{\square} pour les temps de recuit importants est due à une exodiffusion du Bore. Les mesures de profondeur de jonction par spreading resistance sur biseau indiquent des redistributions de quelques centaines d'Å à 1000 Å.

Abstract - Samples of ion implanted silicon (BF_2 , 30 Kev, 10^{15} ions $\times \text{cm}^{-2}$) have been annealed with a multiple scan electron beam, at temperatures ranging from 1000 to 1200° C. The curves of sheet resistance versus time show a minimum. RBS measurements of the amount of Boron remaining after annealing show that the increase in sheet resistance is due to a loss of Boron. The increase in junction depths, measured by spreading resistance on bevels is between a few hundred Å and 1000 Å.

I - INTRODUCTION

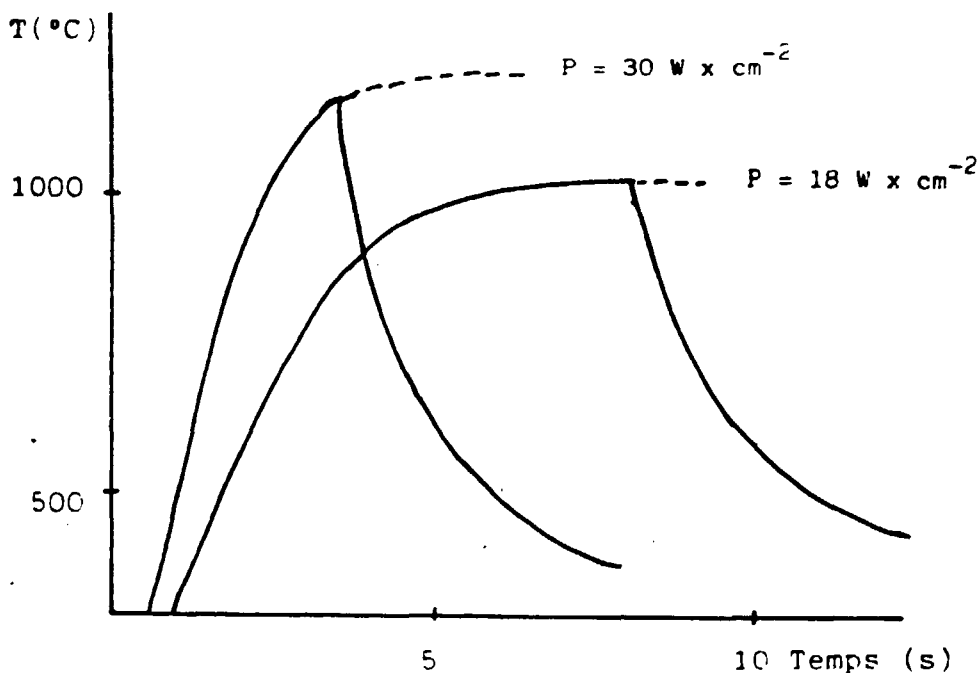
Après l'implantation ionique, il est nécessaire d'effectuer un recuit afin d'activer le dopant et d'éliminer les défauts cristallins. Le recuit four classique à 950° C pendant 30 minutes conduit en particulier, dans le cas du Bore à une redistribution du dopant et une augmentation de la profondeur de jonction. Diverses techniques ont été proposées pour limiter cette redistribution (1) : recuit laser, recuit par barrette ou plaques de graphite, recuit laser, recuit par lampe ou par faisceaux d'électrons. Ces techniques permettent d'effectuer le recuit à plus haute température, pendant des temps plus courts. Les lasers continus balayés permettent de faire le recuit en des temps très courts (quelques millisecondes) sans redistribution du dopant. Les autres modes de chauffage (lampes, faisceaux d'électrons, plaques ou barrettes de graphite) permettent d'effectuer le recuit pendant des temps de quelques secondes, avec une faible redistribution du dopant. Nous donnons ici des résultats de recuit par faisceaux d'électrons balayés sur des échantillons de silicium implantés avec du BF_2 . Ces résultats portent essentiellement sur les profondeurs de jonction obtenues par spreading resistance sur biseau, et sur l'exodiffusion du Bore dosé par réaction nucléaire.

II - CONDITIONS EXPERIMENTALES

Le canon à électrons utilisé pour cette étude a été décrit par ailleurs (2). Nous en rappelons brièvement les caractéristiques : le faisceau (15 Kv, environ 10 mA) pour les recuits indiqués dans cet article est focalisé au niveau de l'échantillon (diamètre environ 600 microns) et balayé selon deux directions perpendiculaires, à des fréquences de 200 Hz et 20 KHz. L'échantillon reçoit le faisceau d'électrons sur la face non implantée. La surface balayée par le faisceau est $2 \times 3 \text{ cm}^2$, et les échantillons ont une surface de $1,2 \times 2 \text{ cm}^2$.

Ils sont thermiquement isolés, et les temps de recuit (quelques secondes) sont suffisants pour que tout l'échantillon soit chauffé de façon homogène.

La température de l'échantillon est lue par un pyromètre à deux longueurs d'onde, dont la réponse est indépendante de l'émissivité. Les densités de puissance utilisées vont de 18 à 30 W x cm⁻², correspondant à des températures à l'équilibre de 1000 à 1200° C, et les durées de recuit vont de 3 à 20 secondes. Pour les faibles densités de puissance, les durées de recuit sont suffisantes pour que les températures d'équilibre soient atteintes mais pour les fortes densités de puissance, les durées de recuit sont trop faibles pour que des températures d'équilibre soient atteintes (Figure 1).



CEA-RET-111

Fig. 1 - Température en fonction du temps

III - RESULTATS

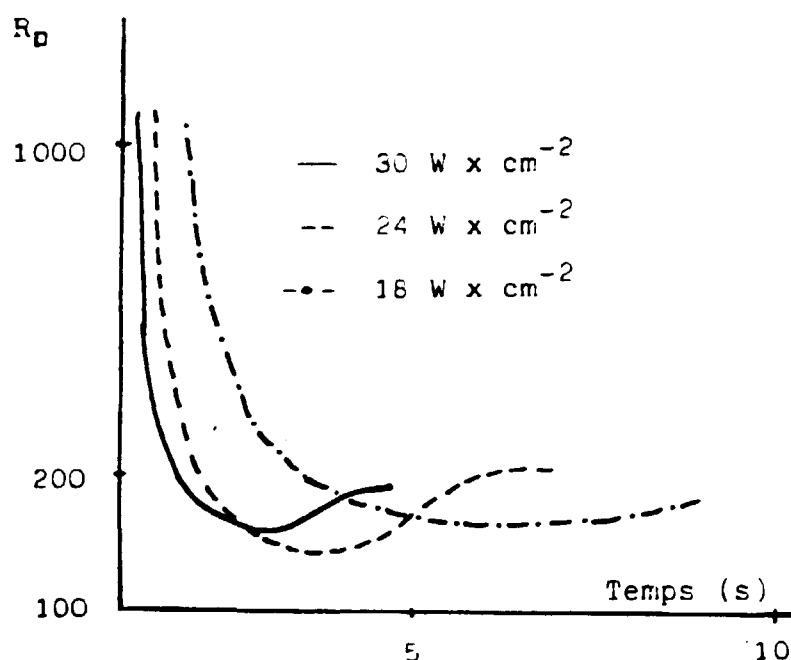
Les résultats indiqués ci-dessous ont été obtenus sur des échantillons implantés avec du BF₂ (30 Kev, 10¹⁵ ions x cm⁻²).

Résistance carrée :

Les valeurs de R_□ sont données (Figure 2) en fonction du temps de recuit (temps total : montée en température et plateau éventuellement) pour trois densités de puissance (18, 24 et 30 W/cm²), correspondant à des températures d'équilibre de 1020, 1120 et 1200° C. Pour les trois séries de recuit, on observe une décroissance rapide de R_□, puis une lente augmentation. La valeur minimum théorique du R_□ pour une dose de Bore de 10¹⁵ ions x cm⁻² est d'environ 100 ohms. La valeur minimum observée est sensiblement la même pour les trois séries de recuit, de l'ordre de 150 ohms.

Exodiffusion du Bore et du Fluor :

Afin de déterminer l'origine de la remontée du R_□, nous avons effectué des dosages de Bore restants par réaction nucléaire (¹¹B(p, α)). Par exemple, pour un recuit de 4,5 secondes avec une densité d'énergie de 30 W/cm², il reste 66 % du Bore implanté. Une mesure par rétrodiffusion de particules α indique en outre que 88 % du Bore est un site substitutionnel. La valeur du R_□ devrait donc être de 170 Ω. La valeur mesurée est 180 Ω. La remontée du R_□ s'explique donc par l'exodiffusion du Bore.



© CEA-LET-1960

Fig. 2 - R_D en fonction du temps de recuit

Un dosage par réaction nucléaire (^{19}F (p, α)) du fluor après recuit dans les mêmes conditions indique qu'il reste moins de 10 % du fluor implanté. L'exodiffusion du fluor est également observée lors de recuits four (3).

Profondeur de jonction :

Elles sont mesurées par spreading resistance sur biseau. On a donc directement accès aux paramètres électriques de la couche implantée. La précision est de $\pm 200 \text{ \AA}$. Les profondeurs de jonction sont indiquées sur la figure 3, en fonction du temps de recuit, pour une densité de puissance de 24 W X cm^{-2} (température à l'équilibre : 1120° C). Après recuit non redistribuant (600° C , 30 minutes) la profondeur de jonction est de 1000 \AA . Avec les temps de recuit utilisés (1,5 à 7 secondes) les profondeurs de jonction vont de 1100 à 2000 \AA . Le minimum de R_D correspond à 1400 \AA . Avec les mêmes conditions d'implantation un recuit four à 950° C pendant 30 minutes conduit à une profondeur de jonction de 3000 \AA , et un R_D de 140 \Omega . La redistribution des dopants pendant le recuit électronique n'est donc pas négligeable, mais bien plus faible que dans le recuit four.

IV - CONCLUSION

L'utilisation du recuit électronique balayé permet d'obtenir des valeurs de R_D comparables à celles que l'on obtient par recuit four standard, mais avec une redistribution moindre du dopant (profondeurs de jonction de 1400 \AA contre 3000 \AA). L'exodiffusion du bore limite les valeurs de R_D (150 \Omega au lieu de 100 , pour une dose de 10^{15} ions $\times \text{ cm}^{-2}$). Des valeurs de R_D plus faibles peuvent être obtenues en utilisant des doses plus fortes.

Cette étude a été financée en partie par un contrat DAI1.

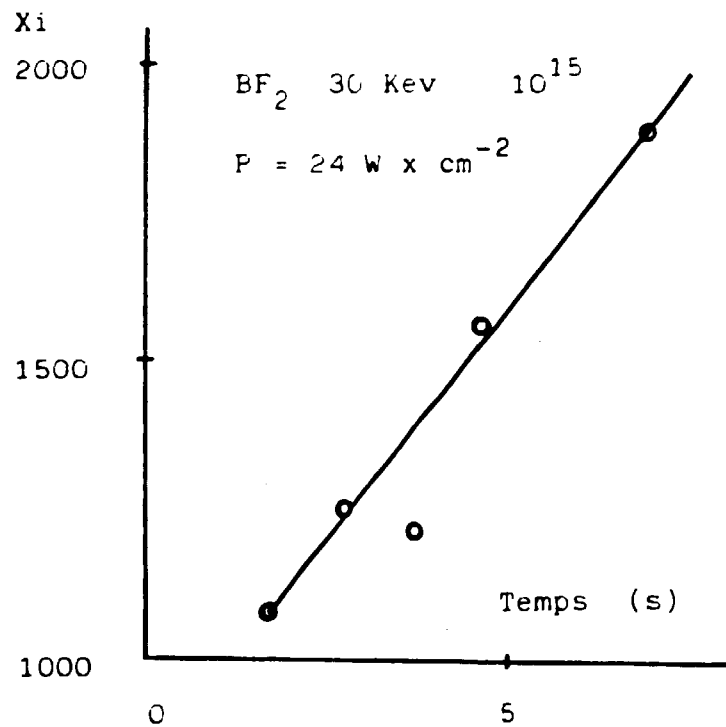


Fig. 3 - Profondeur de jonction en fonction du temps de recuit

V - REFERENCES

- (1) LASER and ELECTRON BEAM INTERACTIONS with SOLIDS 1982
 Edited by B.R. APPLETON et G.K. CLYMER - NORTH HOLLAND
- (2) H.J. SMITH, E. LIGEON et A. BONTEMPS
 Applied Physics Letters 37 (11) 1980 p 1036
- (3) M. Y. TSAI, D.S. DAY, E.G. SHEETMAN, P. WILLIAMS et C.A. EVANS, Jr.
 J. Applied Phys. 50 (1) 1979 p 188.