

Effet de la Concentration de Phosphore sur la Photoluminescence du Silicium Poreux

¹*Cheraga Hocine**, ²*Guebous Lakhdar*, ¹*Chebout Katia*, ¹*Bozetine Isma*, ¹*Belaid Sabrina*,

¹*Gabouze Noureddine*

¹*Centre de Recherche en Technologie des Semi-conducteurs pour l’Énergétique – CRTSE-
Algiers Algeria*

²*Centre de Recherche Nucléaire d’Alger - CRNA Algiers, Algeria*

hcheraga2002@yahoo

Introduction :

Depuis la découverte par LT Canham [1] de la photoluminescence en 1990 du silicium poreux à température ambiante, de nombreuses études ont été menées par des chercheurs sur les nanostructures sous ses différentes formes.

L'utilisation du silicium poreux après avoir observé un spectre intense dans la gamme du visible à 300 K a permis d'envisager des applications pour les dispositifs optoélectroniques, ce matériau présente l'avantage d'être moins coûteux que les matériaux utilisés jusqu'à présent (GaAs, AlGaAs, InP ...) et facile à intégrer à grande échelle (Very Large Scale Integration: VLSI) [2]. Les expériences montrent que le silicium poreux exposé à un faisceau UV peut absorber et émettre de la lumière (Photoluminescence) dans la région rouge (1,4 à 2,2 eV) du spectre visible [3].

Une autre propriété intéressante du silicium poreux est l'électroluminescence. Celle-ci a été observée en 1991 par Halimaoui et Bsiesy [4]. En montrant, qu'il peut émettre de la lumière lors de l'excitation électrique, l'application pour l'optoélectronique est devenue ainsi évidente.

Dans ce travail, nous avons étudié l'effet du dopage du silicium de type p par le phosphore sur la photoluminescence et l'activation des cristaux (non actifs) qui sont la principale source d'amplification de la photoluminescence.

Les résultats ont montré que la polarisation de la structure améliore le spectre

PL, l'amplifie et l'élargit en raison de l'activation des cristallites et de la

concentration de phosphore. Ce phénomène a été étudié et corrélé avec la microstructure du silicium poreux.

Procédure expérimentale et Discussion

Dans un four à diffusion et pour des conditions spécifiques, nous avons procédé au dopage des plaquettes de silicium de type P par le POCl_3 à différentes concentrations.

Des mesures par SIMS (Fig 1 et 2) ont été effectuées afin d'estimer la concentration du phosphore dans ces plaquettes.

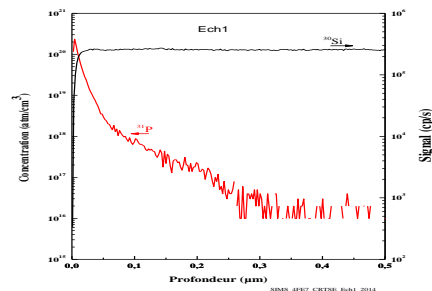


Fig.1 Profil SIMS du Si dopé au phosphore à 10^{20} cm^{-3}

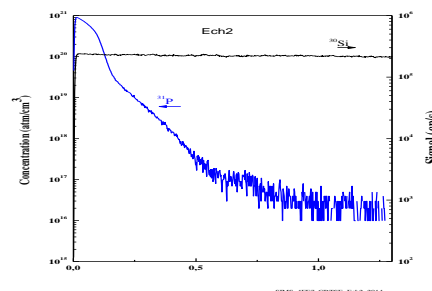


Fig.2 Profil SIMS du Si dopé au phosphore à 10^{21} cm^{-3}

Les couches de SiP dopé au phosphore ont été réalisées à partir de plaquettes de silicium monocristallin de type p, d'orientation (1,0,0). Ces plaquettes ont une épaisseur voisine de 400 μm . La résistivité est d'environ $1\Omega\text{cm}$. La couche de SiP est formée par anodisation dans une cellule électrochimique, dans une solution HF/éthanol de différentes concentrations, densités de courant et à des durées variables. Voir tableau 1.

Nous avons obtenu une meilleure condition de porosification du silicium dopé au phosphore à une densité du courant de 75 mA et un temps de d'attaque de 300s.

Echs	Courant de polarisation (mA)	Temps polarisation (sec)	Concentrations Ethanol/HF (Vol/Vol)
SiP 38	75	300	65/35
SiP 40	38	120	65/35
SiP 37	25	300	50/50
SiP 36	25	300	65/35
SiP3	30	200	50/50

Tableau 1 : Conditions de formation du silicium poreux

La figure 3 montre une morphologie nanoporeuse du matériau, effectué par microscopie électronique à balayage (MEB) et par spectrométrie IR

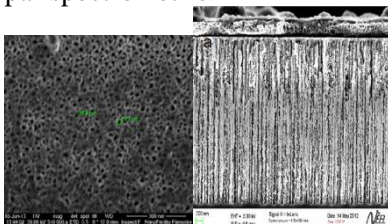


Fig.3

(Infrarouge à transformé de Fourier).Le silicium poreux est mis en évidence par les vibrations d'élongation des liaisons Si-H, Si-H₂, Si-H₃ à 2083, 2107 et 2137 cm^{-1} .

Dans la région 990- 1270 cm^{-1} une bande intense attribuée aux vibrations d'élongations des liaisons Si-O-Si, confirmant ainsi la formation d'un oxyde sur la surface.

Par ailleurs, nous observons les vibrations d'élongations des liaisons P-O dans la région 1100 cm^{-1} et C-H dans la région 2976-

2856 cm^{-1} . Les vibrations de déformations de la liaison Si-H sont caractérisées par une bande située à 770 cm^{-1} . Une bande située dans la région 3000-3700 cm^{-1} est attribuée aux liaisons OH dues à la présence de H₂O. Le pic CO₂ apparaît dans la région de 2365 cm^{-1} . Les vibrations d'élongations des liaisons Si-OH sont caractérisées par le pic situé à 832 cm^{-1} .

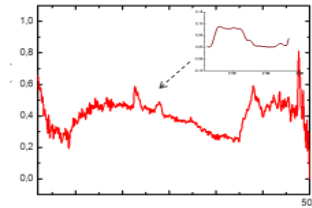


FIG4 spectre d'absorption de L'échantillon de Si dopé au phosphore à

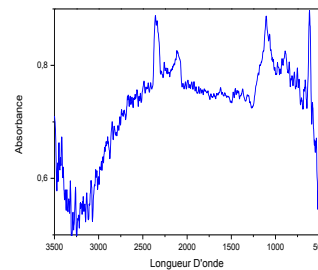


FIG5. Spectre d'absorption de

de Si dopé au phosphore à 10^{21}cm^{-3}

Nous constatons que l'allure des spectres reste pratiquement la même pour les différentes concentrations de phosphore seul la liaison CO₂ est plus importante dans la la structure ou le dopage de concentration 10^{21}cm^{-3} (Figs. 4 et 5).

Après la porosification du silicium, Des mesures de photoluminescence de SiP ont été effectuées. Le banc de mesure (Perkin Elmer LS-50B luminescence spectromètre lumière UV lampe Xénon comme source d'excitation) a été utilisé. Nous avons remarqué l'apparition d'un faible pic PL à 600 nm pour une concentration de Phosphore de 10^{20}cm^{-3} . Un spectre plus large d'intensité PL plus importante centré à 600 est observé pour une concentration de P de 10^{21}cm^{-3} (Figs. 6 et 7).

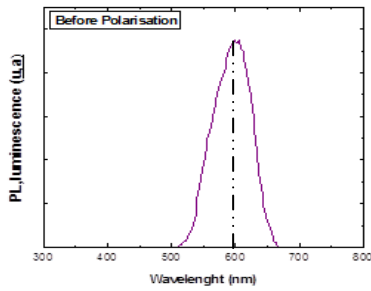


Fig.6. Photoluminescence avant polarisation de la structure dopée au phosphore à concentration 10^{21} cm^{-3}

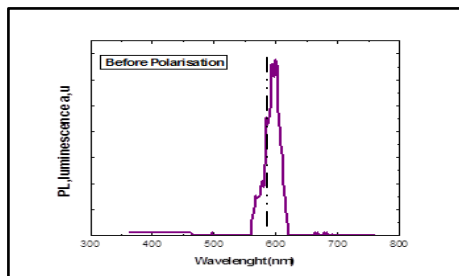


Fig.7. Photoluminescence avant polarisation de la structure dopée au phosphore à concentration 10^{20} cm^{-3}

Après réalisation des contacts Ohmique par évaporation sous vide d'une couche d'aluminium sur les deux faces de la structure, figure 7, une caractérisation / courant-tension (I-V) a été effectuée pour chaque structure afin de déterminer les limites de la tension de claquage.

Cette technique a pour but de faire migrer les porteurs de charges libres vers la couche poreuse (couche désertée par les porteurs libres due à la purification du Silicium), Fig.8a et Fig.8b et la rendre ainsi chargée électriquement,

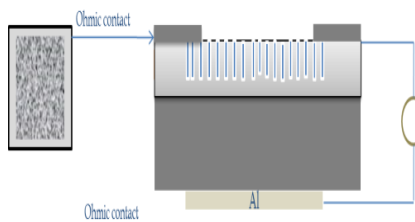


Fig.8a. Polarisation des structures Al/Si/Psi/Al

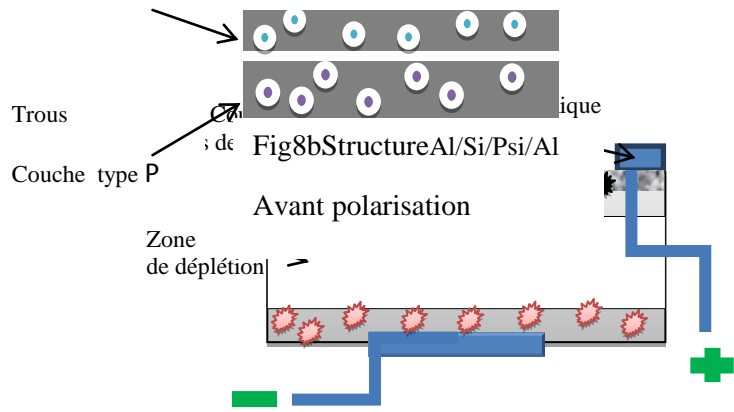


Fig.9b. Structures Al/Si/Psi/Al en polarisation inverse.

La figure 10, 11 montrent la caractérisation courant tension des structures Al/Si/Psi/Al dope successivement à 10^{21} et 10^{20}

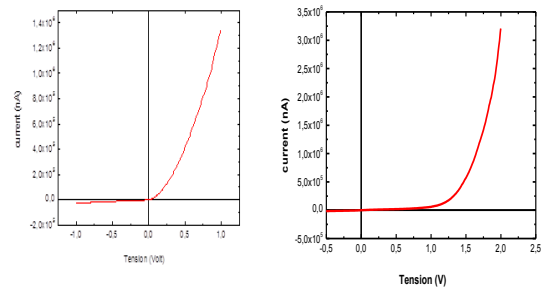
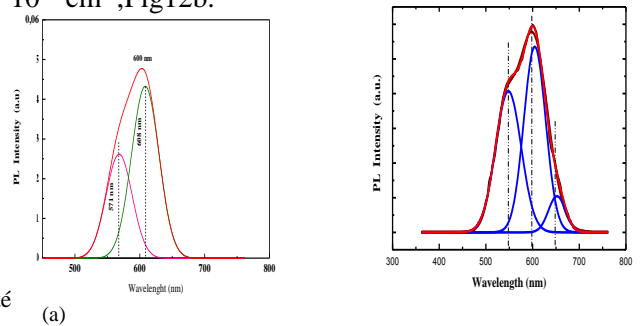


Fig10 Fig 11

Polarisation courant tension de la structure Al/Si/Psi/Al

Une deuxième mesure de la photoluminescence a été effectuée pour chaque échantillon. Les figures 11 a et b montrent les spectres de PL pour deux dopages P. Nous remarquons une nette augmentation de la largeur et de l'intensité du pic de luminescence avec une apparition d'un épaulement. La déconvolution de ces spectres montre la présence de plusieurs autres pics à 600 nm, 545 nm et 659 nm pour un dopage au Phosphore à 10^{21} cm^{-3} , Fig12a et des pics à 571 nm et 600 nm pour une concentration de phosphore à 10^{20} cm^{-3} , Fig12b.



(a)

Fig.12. Photoluminescence des structures dopées au phosphore à concentration : (a) 10^{20} cm^{-3} et (b) 10^{21} cm^{-3}

Les Figures 13 et 14 montrent l'évolution l'intensité de la photoluminescence avant et après la Polarisation qui a été multipliée par trois pour la concentration à 10^{21} et dix fois pour la concentration 10^{20}



Fig14 Excitation de la structure par une lampe UV à 365 nm

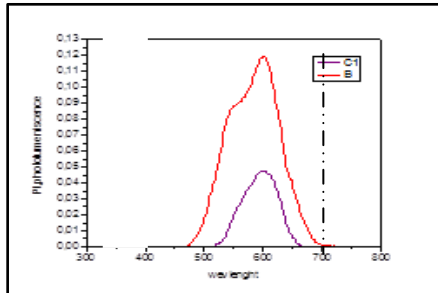


Fig.13. Photoluminescence de la structure Al/Si/Psi/Al dopé Phosphore à 10^{21} cm^{-3}
Après la polarisation
■ Avant la polarisation

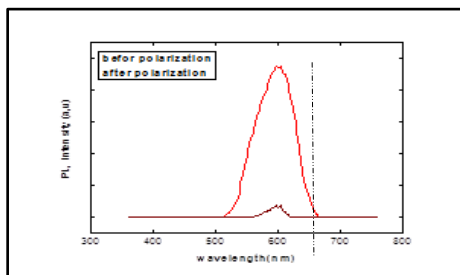


Fig. 14 Photoluminescence de la structure Al/Si/Psi/Al dopé P à concentration de 10^{20} cm^{-3}
Après la polarisation
■ Avant la polarisation

Conclusion :

On peut déduire que la polarisation des structures a activé les cristallites de différentes tailles due à la migration des porteurs de charges vers la surface sensible de la couche poreuse, et ainsi l'amplification de la photoluminescence.

Les photos Fig 15 montrent bien la luminosité de nos structures sur excitation.

Une étude approfondie de ce travail est en cours afin de mieux cerner et comprendre le phénomène de l'amplification de cette photoluminescence.

Références :

- [1] L. T. Canham, Properties of porous silicon, edited by L. T. Canham, Inspec, IEE, London, 249 (1997).
- [2] S. Cruz, A. Honid-d'Orville, J. Muller, "Fabrication and optimization of porous silicon Substrates for diffusion membrane applications", J. Electrochem. Soc. 152 (6) (2005) C418 C424.
- [3] Y. Zhao, D. Li, S. Xing, W. Sang, D. Yang, M. Ying, "A comparison of cathodoluminescence and photoluminescence of porous silicon and the influence of aging and electron irradiation of these properties", Solid State Commun, 143(2007) 197-201.