

MISE EN EVIDENCE DE DEFATS ACTIFS LUMINESCENTS DANS LE ZnO PAR PHOTOLUMINESCENCE ET TSC

¹L. Chabane*, ¹N. Zebbar, ²Z. Zaaboub, ¹S. Tata, ¹M. Kechouane

¹ Laboratoire de Physique des Matériaux, Faculté de Physique, USTHB, BP 32, 16111 Alger, Algérie

² Laboratoire de Micro- et Opto-électronique et Nanostructure, Faculté des Sciences de Monastir, Tunisie.

ABSTRACT

In this work, we have, experimentally, investigated the luminescence defect in ZnO thin film deposited onto crystalline Si substrate. The studied film was deposited by DC reactive sputtering technique, under (Ar + O₂) plasma at 373 K, during 1 hour and annealed at 573 K during 1 hour. The UV-Visible transmittance and ellipsometrie characterisations revealed that the optical energy band gap and the film thickness are respectively, around to 3.35 eV and 50 nm. The photoluminescence spectrum measured at room temperature indicates that the deposited film presents a UV luminescence peak at 384 nm (3.21 eV). The current-potential-temperature and the stimulated current measurements indicate the presence of a shallow level with activation energy around to 0.35 eV, attributed to the interstitial zinc or oxygen vacancies.

Keywords: Zinc oxide, thin films, photoluminescence, TSC measurements, reactive sputtering.

Author Correspondence: L. Chabane, e-mail: lamia007ch@hotmail.com

1. INTRODUCTION

Jusqu'à l'heure actuelle, le développement et les besoins technologiques des dispositifs optoélectroniques (photo-luminescents et photo-détecteurs) ne cessent de croître [1, 2]. Pour pouvoir contribuer à l'amélioration d'un dispositif, il est impératif de bien comprendre le mécanisme de son fonctionnement et de pallier à ses limites, souvent dues aux processus d'élaboration. Parmi les matériaux les plus fréquemment étudiés, l'oxyde de zinc (ZnO) se

démarque par ses propriétés de luminescence très remarquables. Cependant, l'identification exacte de l'origine de ses pics de luminescence reste encore un sujet à exploiter.

Dans le présent travail, nous avons mis en évidence la présence d'un défaut actif luminescent dans des films minces de ZnO déposés sur Si, par pulvérisation cathodique dc, en corrélant deux techniques de caractérisation : la photoluminescence (PL) et les Courants Thermiquement Stimulés (TSC).

2. DETAILS EXPERIMENTAUX

Les films étudiés ont été déposés sur des substrats de silicium cristallin de type p, par pulvérisation cathodique dc, en utilisant un plasma froid d'argon (Ar) et d'oxygène (O₂).

Les spectres de photoluminescence ont été prélevés à température ambiante, en utilisant un banc de mesure optique contenant : Une diode laser (PDL-800B), Un spectromètre monochromateur de type 9030 de Scienetech et Un photodétecteur type « Single Photon Avalanche Photodiode ».

Les mesures de courants thermiquement stimulés (TSC) ont été effectuées dans un cryostat en faisant varier la température de l'azote liquide à l'ambiante (80 K - 300K). Un Keithley 617 pour la lecture du courant et un régulateur de température ont été utilisés.

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans cette section nous présentons les résultats expérimentaux obtenus pour un échantillon déposé dans des conditions bien déterminées ($T_{\text{dépot}} = 373 \text{ K}$, $t_{\text{dépot}} = 1\text{h}$, $T_{\text{recuit}} = 573 \text{ K}$ et $t_{\text{recuit}} = 1\text{h}$) et pour lequel l'analyse des mesures de photoluminescence (PL) et de courant thermiquement stimulé (TSC) permettent de mettre en évidence l'objet visé dans ce travail. L'exploitation des spectres de transmittance UV-visible et d'ellipsométrie a montré que le gap optique et l'épaisseur du film déposé sont de l'ordre de 3.35 eV et 50 nm respectivement.

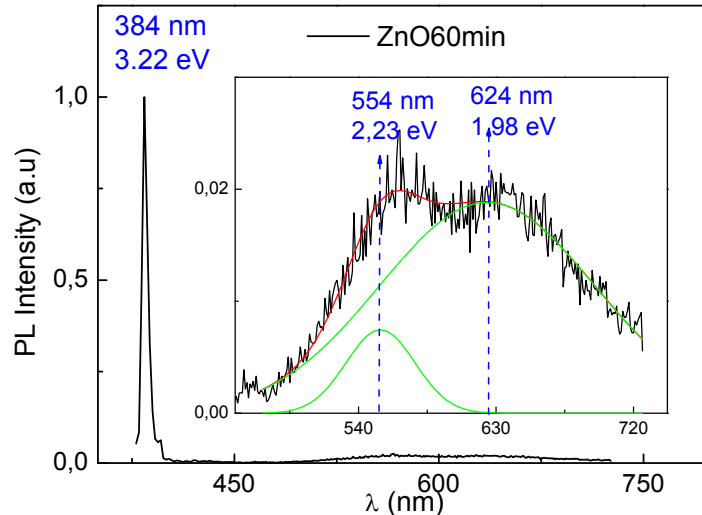


Fig.1. Spectre de photoluminescence du film de ZnO déposé pendant 1h de temps.

L'analyse du spectre de photoluminescence (PL) relevé à la température ambiante (Fig. 1), a montré que le film présente un pic à 384 nm (3.21 eV) (violet-bleu) d'une extrême faible intensité dans le visible ($I_{UV}/I_{Vis} = 50$), indiquant ainsi une très faible densité de défauts. Cet échantillon présente donc des paramètres prometteurs pour son application comme détecteur d'UV ou source photoluminescente, en soulignant qu'ils peuvent être améliorés par l'introduction d'une couche buffer entre ZnO et Si. Cependant, l'objet du travail réside dans la détermination de l'origine exacte de cette réponse (pic) caractéristique afin de la moduler et de la reproduire expérimentalement. Dans la littérature, il est rapporté que la luminescence « bleue » ou « violette » du ZnO est essentiellement due à la présence d'interstitiels de zinc ou de vacances d'oxygène [3]. Chacun de ces défauts introduit un niveau d'énergie superficiel proche de l'extrémité de la bande de conduction dans la bande interdite.

En général, la détermination de l'énergie d'activation des défauts (niveaux pièges) présents dans les films permet de les identifier. Nous avons donc complété les mesures de PL et de TSC de l'échantillon étudié (ZnO/Si) par des mesures de courant-tension-température (I-V-T). Les résultats obtenus sont reportés dans le **Tableau1**.

Tableau 1: Paramètres caractéristiques de l'échantillon ZnO/Si: gap optique (E_g), pic de photoluminescence (Pic_{PL}), énergie d'activation du courant de saturation ($E_{a(I-V-T)}$) et énergie d'activation du pic de TSC (Pic_{TSC}).

	$E_{g_{optique}}$ (eV)	Pic_{PL} (eV)	$E_{a(I-V-T)}$ (eV)	Pic_{TSC} (eV)
ZnO/Si	3.35	384 nm $\Leftrightarrow$ 3.21 (eV)	0.35	191.3 K $\Leftrightarrow$ 0.35 eV

L'analyse des mesures de TSC met clairement en évidence, à la température caractéristique 191.3 K, la présence de l'état piège situé à 0.35 eV au-dessous du bas de la bande de conduction. Ce résultat, par sa concordance parfaite, avec les résultats de mesure d'énergie d'activation du courant de saturation (0.35 eV) obtenu à partir des mesures I-V-T (non reportées ici) vient conforter la présence d'un niveau énergétique probablement responsable de la réponse UV (interstitiels de Zn (ou vacances de O) $\Rightarrow$ bande de valence) dans les spectres de PL. L'étroitesse et la faible intensité du pic de réponse du niveau 0.35 eV révèle une très faible densité, en accord également avec les résultats de PL. Dans la littérature on attribue cette réponse à la présence d'interstitiels de zinc et de vacance d'oxygène [3].

4. CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence la présence d'un même défaut de structure électriquement actif, dans les films de ZnO, par le biais de deux techniques différentes, l'une électrique (TSC) et l'autre optique (PL). En ajustant les paramètres de dépôt de la pulvérisation dc, il y'a la possibilité de conférer aux films élaborés, des propriétés intéressantes pour leur application comme détecteur d'UV ou comme dispositif photoluminescent.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

Ce travail rentre dans le cadre du projet de recherche CNEPRU, B00L02UN16042014123) (USTHB, Algérie)

6. REFERENCES

- [1] Sahai A., Goswamin N., Ceramics International 40, 2014, 14569–14578.
- [2] Kumar V., Ntwaeaborwa O., Swart H., Journal of Colloid and Interface Science 465, 2016, 295–303.
- [3] Djurisić A. B. and Leung H., Small, 2, 2006, 944–961.