

# ΥΔΡΟΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΑΝΟΪΛΙΚΩΝ ZnO ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΩΝ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥΣ ΣΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΚΕΛΙΑ

Σ. Ταμπακάκη<sup>1</sup>, Π. Γεωργίου<sup>1</sup>, Θ. Αργυρόπουλος<sup>2</sup>, Γ.Β. Γλένης<sup>2</sup>,  
Λ. Ζουμπουλάκης<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας III «Επιστήμη και Τεχνική των Υλικών»

<sup>2</sup>Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Συστημάτων Μετάδοσης Πληροφορίας και Τεχνολογίας Υλικών»

\*e – mail: [lzoubou@chemeng.ntua.gr](mailto:lzoubou@chemeng.ntua.gr)

Το οξειδίο του ψευδαργύρου (ZnO) είναι ημιαγωγός με ευρύ ενεργειακό διάκενο (3.4 eV). Η δομή που εμφανίζει το ZnO είναι σταθερή τύπου βουρτσιτή (wurtzite) με διαστάσεις μοναδιαίας κυψελίδας  $a=3.2\text{\AA}$  και  $c=5.2\text{\AA}$ . Παρουσιάζει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον διότι εμφανίζει πολύ καλές χημικές, μηχανικές, ηλεκτρικές, πιεζοηλεκτρικές, θερμικές και οπτικές ιδιότητες. [1-3]. Η παρασκευή του υλικού ZnO έχει πραγματοποιηθεί με ποικίλες μεθόδους, όπως θερμική (καταλυόμενη ή μη), καρβοθερμική, υδροθερμική, λιθογραφική, ηλεκτροχημική, λύματος – πηκτής (sol-gel), ή και με τη βοήθεια υπερήχων, κ.α. οι οποίες μέθοδοι οδηγούν σε ανάπτυξη διαφορετικών μορφολογιών ZnO. Οι πιο γνωστές μορφολογίες είναι τα νανοσύρματα, οι νανοράβδοι, νανοέλικες, νανοσωλήνες, νανοταινίες και άλλες υπερδομές [1,4-6].

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η σύνθεση κόνεως οξειδίου του ψευδαργύρου (ZnO) διαφόρων μορφολογιών με υδροθερμικές συνθήκες σε αυτόκλειστο αντιδραστήρα στους 200 °C για διάφορους χρόνους αντίδρασης. Στο μείγμα αντίδρασης ως αρχικά διαλύματα χρησιμοποιούνται υδατικά διαλύματα  $\text{ZnCl}_2$  - NaOH και  $\text{ZnC}_4\text{H}_6\text{O}_6$  - NaOH σε αναλογίες  $\text{Zn}^{2+} : \text{OH}^-$  1:16 ή 1:8 ή 1:5 (για επίτευξη κορεσμένου διαλύματος), πολυαιθυλενογλυκόλη (PEG), αιθανόλη / μεθανόλη ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}/\text{CH}_3\text{OH}$ ) και διασπεσταγμένο νερό σε συγκεκριμένες ποσότητες. Τα υλικά ZnO χαρακτηρίζονται με τη μέθοδο της Περίθλασης Ακτίνων X (XRD) και μέσω Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης / Συστήματος Μικροανάλυσης (SEM/EDAX). Επίσης, μελετάται η απορρόφηση της UV/Vis ακτινοβολίας στα υλικά από διάλυμα ομοιόμορφης διασποράς τους. Τέλος, εξετάζεται εάν τα υλικά που έχουν παρασκευασθεί είναι φωτοαγωγά, για πιθανή εφαρμογή τους σε φωτοβολταϊκά κελία. Για το σκοπό αυτό, αποτίθενται σε κυλινδρικά δοκίμια Νικελίου, Ni, με τη μέθοδο spin coating επιστρώσεις υλικού. Τα δοκίμια χαρακτηρίζονται ως προς τις ηλεκτρικές ιδιότητές τους με τη βοήθεια κλωβού Faraday σε συνθήκες σκοταδιού και φωτός μέσω της λήψης κυματομορφών I-V (καταγράφοντας την ένταση του ρεύματος για διάφορες τιμές τάσεως).

Με βάση τα αποτελέσματα από το SEM προκύπτει ότι τα υλικά αποτελούνται από καλοσηματισμένες και ευδιάκριτες ράβδους, οι οποίες είναι συνενωμένες μεταξύ τους προς σχηματισμό «λουλουδιών», ή αποτελούνται από πολύ λεπτές ράβδους / whiskers, οι οποίες είναι συνενωμένες μεταξύ τους διαμορφώνοντας μη διακριτούς σχηματισμούς ή σχηματισμούς ‘αχινών – κουβαριών’. Επίσης, στην επιφάνεια του ανοξειδωτού χάλυβα έχουν αναπτυχθεί πολυάριθμες ράβδοι, είτε μεμονωμένες, είτε ενωμένες σε σχηματισμούς ‘λουλουδιών’. Με βάση τα ακτινοδιαγράμματα XRD το προϊόν που παράχθηκε ταυτοπο ωχήθηκε ως ZnO. Διαπιστώθηκε επίσης ότι το σύστημα

κρυστάλλωσης του είναι το εξαγωνικό μέγιστης πυκνότητας τύπου βουρτσιτή (wurtzite). Οι διαστάσεις της μοναδιαίας κυψελίδας που υπολογίστηκαν σε κάθε περίπτωση για το εξαγωνικό σύστημα,  $a=3.2 \text{ \AA}$  και  $c=5.2 \text{ \AA}$ , είναι συγκρίσιμες με αυτές της βιβλιογραφίας. Επίσης υπολογίστηκε σε κάθε υλικό το μέσο μέγεθος των κρυστάλλων μέσω της Debye Scherrer. Τα φάσματα απορρόφησης UV των νανοδομών εμφανίζουν απότομη εξιτονική (excitonic) κορυφή η οποία υποδηλώνει την υψηλή κρυσταλλική ποιότητα των νανοδομών ZnO. Με βάση την εξίσωση Meulenkamp υπολογίστηκε η διάμετρος των σωματιδίων, D. Τα αποτελέσματα του μέσου μεγέθους των κρυστάλλων των νανοϋλικών που παράχθηκαν και υπολογίστηκαν με τις δύο μεθόδους, είναι συγκρίσιμα. Σύμφωνα με τις μετρήσεις των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των υλικών συμπεραίνεται ότι η μορφολογία τους επηρεάζει τις ηλεκτρικές ιδιότητες τους με αποτέλεσμα τα υλικά που κυρίως αποτελούνται από ράβδους συνενωμένες σε σχηματισμούς λουλουδιών εμφανίζουν μικρή ανορθωτική συμπεριφορά και πιθανόν φωτοβολταϊκό φαινόμενο ενώ το υλικό που αποτελείται από πολύ λεπτές ράβδους / whiskers σε μη διακριτούς σχηματισμούς ή σχηματισμούς ‘αχινών – κουβαριών’ δεν εμφανίζει ίδια απόκριση.

#### **References:**

- [1] Z. Fan and J.G. Lu, Review, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 5, 10 (2005) p.25
- [2] P. Georgiou, K. Kolokotronis and J. Simitzis, Journal of Nano Research, 6 (2009) 157-168
- [3] P.B. Khoza, M.J. Moloto and L.M. Sikhwivhilu, Journal of Nanotechnology, 12 (2012) 6p.
- [4] R. Yi, N. Zhang, H. Zhou, R. Shi, G. Qiu, X. Liu, Materials Science and Engineering B, 153 (2008) 25-30
- [5] X.F. Zhou, Z.L. Hu, Y. Chen, H.Y. Shang, Materials Research Bulletin 43 (2008) 2790-2798
- [6] C. Gu, J. Huang, Y. Wu, M. Zhai, Y. Sun, J. Liu, Journal of Alloys and Compounds 509 (2011) 4499-4504.