

Εισαγωγή-Περίληψη

Πρόσφατα το ZnO τράβηξε την προσοχή των επιστημόνων, χαρακτηριζόμενο ως το “υλικό του μέλλοντος”, αν και ερευνάται επισταμένως από το 1935. Η επικέντρωση της προσοχής ξανά στο συγκεκριμένο υλικό πηγάζει από τη δυνατότητα ανάπτυξης υψηλής ποιότητας νανοδομών, επιτρέποντας την κατασκευή βασισμένων σε ZnO ηλεκτρονικών και οπτοηλεκτρονικών συσκευών. Με ευρύ ενεργειακό χάσμα (~3.4 eV) και μεγάλη ενέργεια συνδέσεως εξιτονίων (~60 meV) σε θερμοκρασία δωματίου, το ZnO, όπως και το GaN, θεωρείται σημαντικό υλικό π.χ. για οπτικές εφαρμογές στο μπλε του ορατού φάσματος (Vis) και στο υπεριώδες (UV).

Το ZnO χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα από τη βιομηχανία για την κατασκευή διαφόρων προϊόντων στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα χρώματα, τα καλλυντικά, τα φάρμακα, τα πλαστικά, οι μπαταρίες, ο ηλεκτρικός εξοπλισμός, τα ελαστικά, τα σαπούνια, τα υφάσματα κλπ. Η εξέλιξη όμως της τεχνολογίας ανάπτυξης των ZnO νανοδομών, επιταξιακών υμενίων, μονοκρυστάλλων και νανοσωματιδίων οδηγεί πλέον σε μια νέα εποχή λειτουργικών ZnO διατάξεων [29].

Η χρήση εύκαμπτων πολυμερικών υποστρωμάτων για την παραγωγή εύκαμπτων ηλεκτρονικών συσκευών (Flexible Electronic Devices-FEDs), όπως είναι οι εύκαμπτες οθόνες, τα οργανικά φωτοβολταϊκά κελιά ή οι ηλεκτροχρωμικές διατάξεις, οι οποίες έχουν μικρή αντοχή στη θερμότητα, επιβάλλει πιο αυστηρές αξιώσεις όσον αφορά τις παραμέτρους εναπόθεσης των TCO (Transparent Conductive Oxide) λεπτών υμενίων που χρησιμοποιούνται ως ηλεκτρόδια και τα οποία θα πρέπει να εναποθέτονται σε θερμοκρασία δωματίου. Το ZnO, ως ημιαγωγός αμέσου ενεργειακού χάσματος με εξαγωνική κρυσταλλική δομή του βουρτσίτη (würtzite), είναι το πιο πολλά υποσχόμενο υλικό για την παραγωγή νέας γενιάς FEDs, κερδίζοντας μεγάλο μέρος του εμπορικού και επιστημονικού ενδιαφέροντος σε σχέση με τα άλλα TCO φιλμ, όπως είναι το οξειδίο ινδίου-κασσιτέρου (Indium Tin Oxide-ITO). Μερικά από τα πολλά πλεονεκτήματα του ZnO είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητά του που μεταβάλλεται με κατάλληλο εμπλουτισμό (doping) ή με εκ των υστέρων ανόπτηση (post-annealing), η καλή συμπεριφορά του όσον αφορά την απορροφητικότητα στο UV μέσω διαταϊνιακών μεταπτώσεων (band-to-band transitions), η συμβατότητά του με διεργασίες παραγωγής μεγάλης κλίμακας, το

χαμηλό κόστος του και η αφθονία στην οποία βρίσκεται, η μη τοξικότητα και η βιοσυμβατότητά του και ο εύκολος τρόπος παρασκευής του [8].

Με προοπτική, όπως προαναφέρθηκε, τη βελτίωση της απόδοσης και του χρόνου ζωής των εύκαμπτων ηλεκτρονικών διατάξεων, είναι απαραίτητη η μελέτη, εκτός των άλλων, των ιδιοτήτων των ηλεκτροδίων και ιδιαίτερα του ZnO, το οποίο και χρησιμοποιείται ευρέως πλέον σε τέτοιου είδους εφαρμογές. Η Διπλωματική αυτή Εργασία αποτελεί το πρώτο βήμα για τη μελέτη του ZnO στο Εργαστήριο Λεπτών Υμενίων-Νανοσυστημάτων & Νανομετρολογίας (LTFN) του Α.Π.Θ., ανοίγοντας σημαντικές προοπτικές ερευνητικών δραστηριοτήτων πάνω στο συγκεκριμένο υλικό, δεδομένων των σημαντικών ιδιοτήτων του.

Στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας αναπτύχθηκαν λεπτά υμένια ZnO μέσω της τεχνικής Pulsed DC Magnetron Sputtering πάνω σε άκαμπτα (c-Si) και εύκαμπτα πολυμερικά PET (Poly-Ethylene Terephthalate) και PEN (Poly-Ethylene Naphthalate) υποστρώματα. Τα συγκεκριμένα πολυμερικά φιλμ, που έχουν μελετηθεί σε βάθος στο LTFN, χρησιμοποιούνται ευρέως ως υποστρώματα εύκαμπτων ηλεκτρονικών διατάξεων. Τα δείγματα χωρίζονται σε δύο σειρές, οι οποίες περιλαμβάνουν εναπόθεση σε c-Si, PET και PEN, διαφέροντας μεταξύ τους ως προς την εφαρμοζόμενη ισχύ στο στόχο του sputtering. Στην πρώτη σειρά δειγμάτων εφαρμόζεται ένταση ρεύματος στόχου $I=0.44$ A (ή ισχύς στόχου 135 W) και στη δεύτερη $I=0.28$ A (ή ισχύς στόχου 73 W). Επιτυγχάνεται επομένως η συγκριτική μελέτη των δομικών, οπτικών και νανοτοπογραφικών ιδιοτήτων υμενίων που αναπτύσσονται σε διαφορετικά υποστρώματα με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες και υμενίων που αναπτύσσονται σε ίδια υποστρώματα μεταβάλλοντας μία παράμετρο της εναπόθεσης (ισχύς στόχου). Να σημειωθεί ότι όλα τα λεπτά υμένια έχουν περίπου το ίδιο πάχος (~75 nm).

Για τη μελέτη των δομικών ιδιοτήτων των λεπτών υμενίων επιστρατεύεται η τεχνική της περίθλασης ακτίνων-X (XRD), ενώ μέσω της in-situ και real-time Φασματοσκοπικής Ελλειγομετρίας (SE) είναι δυνατή η παρακολούθηση της ανάπτυξης των λεπτών υμενίων και η εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών τόσο για την εξέλιξη των οπτικών ιδιοτήτων τους όσο και για τον τρόπο ανάπτυξής τους. Η Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (AFM) αποτυπώνει τη νανοτοπογραφία των φιλμ, αποδίδοντας σημαντικές πληροφορίες για τις επιφανειακές τους ιδιότητες, όπως είναι η τραχύτητα.