

## Περίληψη

Η τεχνολογία των οργανικών φωτοβολταϊκών έχει καθιερωθεί ως ένας ταχέως αναπτυσσόμενος και εξελισσόμενος τομέας της εφαρμοσμένης έρευνας. Οι οργανικές ηλεκτρονικές διατάξεις στοχεύουν να κερδίσουν μια αξιόλογη θέση στην αγορά αντικαθιστώντας σε μεγάλο βαθμό τις ηλεκτρονικές διατάξεις που βασίζονται σε ανόργανους ημιαγωγούς όπως το πυρίτιο. Το μεγάλο κόστος παραγωγής και επεξεργασίας του πυριτίου, καθιστά την ανεύρεση φθηνότερων υλικών και μεθόδων για μερική ή και ολική αντικατάσταση της τεχνολογίας πυριτίου, πολύ ελκυστική. Για το λόγο αυτό, πολύ μεγάλο μέρος της ερευνητικής δραστηριότητα παγκοσμίως στρέφεται προς αυτή την κατεύθυνση.

Μεγάλος αριθμός τεχνολογιών και τεχνικών εναπόθεσης οργανικών λεπτών υμενίων έχουν εφευρεθεί και εξελιχθεί. Η εταιρεία AIXTRON αποτελεί έναν παγκόσμιας κλάσης παροχέα τέτοιου τύπου τεχνολογιών, φτιάχνοντας συστήματα εναπόθεσης οργανικών αλλά και ανόργανων υλικών, με διαστάσεις εργαστηριακής κλίμακας αλλά κυρίως συστήματα εναπόθεσης βιομηχανικής κλίμακας για τη μαζική παραγωγή προϊόντων. Μία από τις ραγδαία αναπτυσσόμενες τεχνολογίες που παρέχει η AIXTRON είναι η Organic Vapor Phase Deposition – OVPD που χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή OLEDs. Στην τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται αδρανές αέριο για τη μεταφορά των ατμών του οργανικού υλικού για την εναπόθεση λεπτών υμενίων μικρών μορίων. Ο συνδυασμός της τεχνολογίας OVPD με το Close Coupled Showerhead - CCS από την AIXTRON, εγγυάται την ομοιογενή και ομοιόμορφη εναπόθεση των οργανικών λεπτών υμενίων σε μεγάλες περιοχές χωρίς μεγάλη απώλεια υλικού, όπως συμβαίνει στην τεχνική VTE. Η τεχνολογία αυτή είναι πλήρως κλιμακούμενη όπως έχει ήδη αποδειχθεί με την κατασκευή υψηλής ποιότητας OLEDs και OPVs εργαστηριακής κλίμακας.

Η διαδικασία μετάβασης από μεγέθη διατάξεων εργαστηριακής κλίμακας σε μεγαλύτερο μέγεθος διατηρώντας τις ιδιότητες της διάταξης, είναι πολύ απαιτητική και δύσκολα επιτεύξιμη. Η τεχνική OVPD έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του OPVs εργαστηριακής κλίμακας με πολύ μικρές ενεργές περιοχές. Στην παρούσα εργασία, περιγράφεται διαδικασία εγκατάστασης ενός συστήματος OVPD από την AIXTRON στο ΑΠΘ και η ολοκλήρωση του σε μια μοναδική ανά την υδρόγειο πιλοτική γραμμή που διαθέτει in-situ φασματοσκοπική ελλειψομετρία και φασματοσκοπία Raman για τον έλεγχο των οπτικών και μορφολογικών ιδιοτήτων των λεπτών οργανικών και ανόργανων υμενίων που αναπτύσσονται στη γραμμή.

Η πιλοτική αυτή γραμμή χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή OPVs μικρών μορίων σε μεγάλα υποστρώματα (200 x 200 mm) καθώς ένα από τα ζητούμενα σε αυτή την εργασία είναι να αποδείξει τη δυνατότητα εφαρμογής της τεχνικής OVPD στον τομέα της κατασκευής OPVs. Δεδομένου ότι η τεχνολογία OVPD είναι κλιμακούμενη, και άρα μπορεί να φτιαχτεί διάταξη της ίδιας ποιότητας τόσο σε μικρό όσο και σε μεγάλο σύστημα, το επίτευγμα αυτό ανοίγει το δρόμο για τη βελτίωση της τεχνολογίας, ώστε να είναι έτοιμη για ακόμα μεγαλύτερες εμπορικές εφαρμογές.

Στο OVPD έγιναν εναποθέσεις οργανικών μικρών μορίων. Τα υμένια που αναπτύχθηκαν είχαν σκοπό την διερεύνηση των μηχανισμών ανάπτυξης των υλικών αυτών καθώς και τις οπτικές και δομικές ιδιότητες των λεπτών υμενίων. Οι τεχνικές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση τους είναι η Φασματοσκοπική ελλειψομετρία, η φασματοσκοπία Raman, η διαπερατότητα UV-Vis, η μικροσκοπία ατομικών δυνάμεων - AFM και η περίθλαση ακτίνων-x - XRD. Τα αποτελέσματα των από αυτές τις τεχνικές ανάλυσης συνδυάστηκαν για τη μελέτη των μηχανισμών ανάπτυξης και των παραμέτρων εναπόθεσης για κάθε υλικό. Υμένια φθαλοκυανίνης χαλκού - CuPc, αναπτύχθηκαν πάνω σε υποστρώματα με διαφορετική θερμοκρασία με σκοπό τη μελέτη των μηχανισμών ανάπτυξης της CuPc καθώς και του μεγέθους των κρυσταλλιτών στις διάφορες θερμοκρασίες. Τα υμένια που αναπτύχθηκαν χαρακτηρίστηκαν μέσω οπτικών και αναλυτικών τεχνικών.

Λεπτά υμένια οργανικών μικρών μορίων ημιαγωγών, αναπτύχθηκαν με την τεχνική OVPD, για την κατασκευή οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων με μεγάλη ενεργό περιοχή. Τα γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα μόρια CuPc και ZnPc χρησιμοποιήθηκαν σαν φωτοενεργά υλικά (δότες ηλεκτρονίων), ενώ το φουλλερένιο C<sub>60</sub> χρησιμοποιήθηκε σαν δέκτης ηλεκτρονίων. Κατασκευάστηκαν φωτοβολταϊκές διατάξεις με τρεις διαφορετικές αρχιτεκτονικές. Η bilayer ή επίπεδη ετεροεπαφή η οποία είναι και η απλούστερη δομή, η Bulk HeteroJunction - BHJ δομή όπου το φωτοενεργό στρώμα αποτελείται από μίγμα του δότη και του δέκτη ηλεκτρονίων και τέλος η υβριδική Planar Mixed-Molecular HeteroJunction - PMM-HJ που ουσιαστικά αποτελεί συνδυασμό της bilayer και της BHJ δομής.

Αρκετές παράμετροι ερευνήθηκαν ως προς την επίδρασή τους στην ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και συνεπώς στην απόδοση των διατάξεων. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν είναι η θερμοκρασία του showerhead, η θερμοκρασία υποστρώματος, η θερμική ανόπτηση των διατάξεων μετά την ολοκλήρωσή τους, τα υλικά από διαφορετικούς

κατασκευαστές και τέλος έγινε σύγκριση OPVs από OVPD με τα αντίστοιχα τους από VTE. Χρειάζεται να γίνει πιο εκτενής και εστιασμένη μελέτη κυρίως σε κάποιες παραμέτρους που επηρεάζουν έντονα την απόδοση των διατάξεων όπως π.χ. η θερμοκρασία υποστρώματος, καθώς τα πειράματα που έγιναν δεν είναι αρκετά για να έχουμε επαρκή εικόνα της κατάστασης σε κάποιες περιπτώσεις. Επίσης χρειάζεται να γίνει βελτιστοποίηση των διατάξεων με βάση κάποιους τρόπους που προκύπτουν από αυτή την εργασία και αναφέρονται λεπτομερώς στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας. Παρ'όλα αυτά, μέσα από αυτή την εργασία αποδεικνύεται ότι η τεχνολογία OVPD είναι εφαρμόσιμη και στην κατασκευή οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων με μεγάλη ενεργό περιοχή διατηρώντας τη λειτουργικότητα τους.

Όλα τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο του χρηματοδοτούμενου από την ΕΕ ερευνητικού προγράμματος Smartonics.