

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα Διπλωματικής Εργασίας:

Ανάπτυξη διαδικτυακού λογισμικού προσομοίωσης εγχάραξης μοτίβων ηλεκτροδίων σε οργανικά φωτοβολταϊκά με χρήση λέιζερ υπερβραχέων παλμών -LMM-

Ο κλάδος των laser υπερβραχέων παλμών (UFL) θεωρείται ένα αναδυόμενο πεδίο έρευνας με μεγάλο εύρος εφαρμογών. Η δέσμη του laser είναι κατάλληλη πηγή ενέργειας για την αφαίρεση, την τροποποίηση, αλλά και την επιφανειακή κατεργασία ευρέως φάσματος υλικών. Τα UFL αποτελούν μία τεχνολογία αιχμής στον τομέα της μικρο-μηχανικής.

Τα laser βραχέων παλμών (nanosecond) και τα laser συνεχούς δέσμης (CW) χρησιμοποιούνται κυρίως για την θερμική επεξεργασία των υλικών. Από την άλλη, τα UFL παράγουν παλμούς πολύ μικρής διάρκειας (μικρότερης ή ίσης των picosecond). Η διάρκεια των παλμών των UFL είναι μικρότερη από τον χρόνο που απαιτείται για την μεταφορά θερμότητας στο υλικό, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αφαίρεση υλικού με ελάχιστη τροποποίηση της τριγύρω περιοχής και τον ακριβή έλεγχο της μεταφοράς ενέργειας, επομένως και του βάθους διείσδυσης της δέσμης εντός του υλικού. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τα UFL απαραίτητα εργαλεία για την επεξεργασία των λεπτών υμενίων. Σε αντίθεση με τις συνηθισμένες τεχνικές μηχανικής κατεργασίας (π.χ. Computer Numeric Control -CNC) και φωτολιθογραφίας, η διεργασία με χρήση UFL είναι μία άμεση τεχνική, με ελάχιστα δημιουργούμενα υπολείμματα, απαλλαγμένη από επαφή και από χημικά. Η μικρο-μηχανική με χρήση laser μπορεί εύκολα να αυτοματοποιηθεί, δίνοντας έτσι την δυνατότητα του γρήγορου και απομακρυσμένου χειρισμού των διεργασιών του laser. Η διαχείριση της εγχάραξης μοτίβων πάνω σε υποστρώματα επιτυγχάνεται με την χρήση λογισμικού χειρισμού και συστήματος κατεύθυνσης της δέσμης. Σε αντίθεση με την φωτολιθογραφία, στην μικρο-μηχανική με χρήση laser δεν χρησιμοποιούνται μάσκες για την αποτύπωση σχεδίων στο υπο επεξεργασία υλικό. Αντιθέτως υπάρχει μεγάλη ελευθερία στην δημιουργία και εγχάραξη μοτίβων.

Τα λεπτά υμένα οργανικών και ανόργανων υλικών αποτελούν τις δομικές μονάδες των οργανικών ηλεκτρονικών διατάξεων. Ένας από τους πιο ενεργούς και

ελπιδοφόρους τομείς των οργανικών ηλεκτρονικών είναι τα οργανικά φωτοβολταϊκά (ΟΦΒ). Τα ΟΦΒ είναι μία πηγή ανανεώσιμης ενέργειας χαμηλού κόστους. Ήδη από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα η ανάγκη για καθαρές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αυξήθηκε λόγω των περιορισμένων πόρων σε ορυκτά καύσιμα και την αυξημένη ζήτηση για παραγωγή ενέργειας. Μια αποτελεσματική και εφικτή επιλογή είναι η χρήση της ηλιακής ενέργειας. Οι πρώτες εμπορικά διαθέσιμες και λειτουργικές ΦΒ κυψέλες που δημιουργήθηκαν χρησιμοποιούσαν διόδους πυριτίου για την απορρόφηση των φωτονίων από την ηλιακή ακτινοβολία και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για την αύξηση της χρησιμότητας των ΦΒ διατάξεων ήταν αναγκαία η χρήση ευέλικτων υλικών χαμηλότερου κόστους και βάρους. Σήμερα, οι οργανικές φωτοβολταϊκές κυψέλες αποτελούν μία εναλλακτική τεχνολογία έναντι αυτής του πυριτίου. Τα ΟΦΒ χρησιμοποιούν οργανικά υλικά (πολυμερή ή μικρομόρια) για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Υπάρχουν δύο ειδών δομές (κανονική και ανεστραμμένη) ανάλογα με την κατεύθυνση της κίνησης των φορέων. Γενικά, στρώμα (ή στρώματα) οργανικών υλικών τοποθετείται μεταξύ δύο ηλεκτροδίων με διαφορετικό έργο εξόδου ώστε να δημιουργείται διαφορά δυναμικού μέσα στο κελί. Ένα από τα δύο ηλεκτρόδια, το ηλεκτρόδιο βάσης, πρέπει είναι διαφανές και να έχει εναποτεθεί πάνω σε ένα επίσης διαφανές υπόστρωμα (γυαλί ή εύκαμπτο όπως PET) ώστε να γίνεται η εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας στο ενεργό στρώμα. Η απορρόφηση των φωτονίων από το ενεργό στρώμα έχει ως αποτέλεσμα τον σχηματισμό των εξιτονίων τα οποία στη συνέχεια διαχωρίζονται και οι παραγόμενοι φορείς κατευθύνονται λόγω διαφοράς δυναμικού προς τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια, δημιουργώντας έτσι ηλεκτρική ροή. Τα ΟΦΒ αποτελούν μία οικονομική λύση, λόγω του ότι χρησιμοποιούν υλικά τα οποία βρίσκονται σε αφθονία. Επίσης, έχουν την δυνατότητα μαζικής παραγωγής χρησιμοποιώντας γραμμές παραγωγής βιομηχανικής τεχνολογίας Roll-to-Roll (R2R).

Η μαζική παραγωγή των ΟΦΒ έχει ακόμα κάποιους περιοριστικούς παράγοντες. Ένας παράγοντας μεγάλης βαρύτητας ο οποίος επηρεάζει την τελική απόδοση των ΟΦΒ διατάξεων είναι η εγχάραξη των προαναφερθέντων στρωμάτων με στόχο την αλληλοσύνδεση μεταξύ κελιών. Γενικά, για την δημιουργία ΟΦΒ διατάξεων με ικανοποιητικές τιμές απόδοσης τάσης και έντασης, είναι αναγκαία η σύνδεση πολλών ΟΦΒ κυψελών σε σειρά και παράλληλα. Επομένως, ο διαχωρισμός των επιμέρους κελιών, καθώς και η διασύνδεση τους πρέπει να επιτευχθεί με μεγάλη ακρίβεια ώστε να μειωθεί η μη χρησιμοποιούμενη περιοχή (“dead area”) και να μην δημιουργούνται βραχυκυκλώματα και ωμικές απώλειες. Με αυτόν τον τρόπο η τελική απόδοση παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Λόγω των πολύ λεπτών υμενίων, η τεχνική αφαίρεσης η οποία χρησιμοποιείται πρέπει να έχει μεγάλη ευκρίνεια και ακριβή

έλεγχο βάθους. Επομένως η χρήση UFL για την επίτευξη αυτού του στόχου είναι αναγκαία.

Τρία είδη εγχάραξων χρησιμοποιούνται στις ΟΦΒ διατάξεις, οι P1, P2 και P3. Η P1 εγχάραξη αφαιρεί το ηλεκτρόδιο που βρίσκεται πάνω στο υπόστρωμα (άνοδος ή κάθοδος, ανάλογα με την δομή τους) και απομονώνει ηλεκτρικά τα επιμέρους κελιά. Η P2 αφαιρεί το ενεργό στρώμα και διασυνδέει τα επιμέρους κελιά. Η P3 αφαιρεί το στρώμα του ηλεκτροδίου που βρίσκεται πάνω από το ενεργό στρώμα και καθορίζει την ΟΦΒ μονάδα.

Για την δημιουργία λειτουργικών ηλεκτροδίων είναι αναγκαίο οι παράμετροι διεργασίας των UFL να οριστούν κατάλληλα ώστε να γίνει η αφαίρεση συγκεκριμένης ποσότητας και περιοχής στρώματος του υμενίου από το υπόστρωμα. Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής αναπτύχθηκε το λογισμικό LMM. Το LMM είναι ένα εύχρηστο (user-friendly) διαδικτυακό λογισμικό (web-based) προσομοίωσης με σύντομους χρόνους απόκρισης. Οι βασικές δυνατότητες του LMM είναι :

- Εύκολη ανάπτυξη και συνδυασμός μοτίβων (χωρίς την απαίτηση γνώσης χειρισμού γραφιστικών προγραμμάτων) με στόχο την εγχάραξή τους σε ηλεκτρόδια βάσης ΟΦΒ
- Διαχείριση διεργασιών των UFL εγχάραξων, με την εισαγωγή των παραμέτρων διεργασίας από τον χρήστη (μήκος κύματος, ενέργεια, ταχύτητα εγχάραξης, μοτίβο και υλικό στόχος)
- Προσομοίωση εγχάραξης. Εμφανίζοντας τον τρόπο με τον οποίο θα εγχαραχθεί το μοτίβο πάνω στο υλικό στόχο, ακολουθώντας την κίνηση του σαρωτή
- Προσομοίωση αποτύπωσης του στίγματος εγχάραξης στο υλικό στόχο με βάση τις παραμέτρους που έχει καταχωρήσει ο χρήστης και την χρήση της δυναμικής βάσης δεδομένων του LMM
- Ενημέρωση του χρήστη σε περίπτωση εισόδου λάθους παραμέτρων.

Το λογισμικό LMM μπορεί να θεωρηθεί ένας γρήγορος και αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου και διαχείρισης των διεργασιών εγχάραξης ηλεκτροδίων βάσης με την χρήση UFL.