

Α.Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΛΕΠΤΩΝ ΥΜΕΝΙΩΝ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ



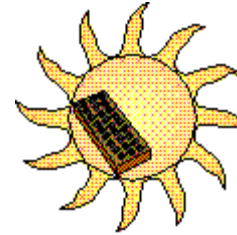
ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΠΑΛΤΖΑΚΗ ΘΩΜΑΗ
ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΚΥΜΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....	5
Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	4
1. Ηλεκτρονικά Νέας Γενιάς.....	6
1.1 Εύκαμπτες Ηλεκτρονικές Διατάξεις.....	6
2.Οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός.....	9
2.1 Σχετικές τεχνολογίες OLEDs.....	13
2.2 Αρχή λειτουργίας.....	15
Πλεονεκτήματα.....	16
Μειονεκτήματα.....	17
Που χρησιμοποιούνται.....	17
2.3 Εύκαμπτες Οργανικοί Φωτοδίοδοι (Flexible Organic Light Emitting Diodes)	19
Μειονεκτήματα.....	20
3. Διατάξεις OTFT.....	22
Γενικά.....	22
3.1 Οργανικά υλικά.....	23
3.2 Δομή ανόδου και καθόδου.....	24
3.3 Top Gate Structure.....	25
Πλεονεκτήματα.....	25
Μειονεκτήματα.....	26
Τεχνολογία οργανικών transistors το 2007.....	27
Σύγκριση μικρομορίων και πολυμερών.....	27
4. Οργανικές Φωτοβολταϊκές διατάξεις.....	31
4.1 Αρχή λειτουργίας OPVs.....	32
Πλεονεκτήματα.....	34
Μειονεκτήματα.....	35
4.2 Παράγοντες αποδοτικότητας OPVs.....	35
5. Κατασκευή και Χαρακτηρισμός Οργανικών Φωτοβολταϊκών Διατάξεων.....	39
6. Τεχνικές Μέτρησης Ειδικής Αντίστασης.....	44
6.1 Δειγματοληψία Τεσσάρων Σημείων (Four-Point Probe).....	44
6.2 Λειτουργία διάταξης.....	45
6.3 Μέτρηση δυο σημείων (two- points probe).....	47
6.4 Μέθοδος VAN DER PAUW.....	47
6.5 Οπτικές Ιδιότητες.....	48
Οπτικές τεχνικές.....	48
6.6 Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία (Spectroscopic Ellipsometry S.E.).....	49
6.7 Βασικές αρχές της Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας.....	53

6.8 Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία Υπερύθρου (Infra Red, IR).....	55
6.9 Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (AFM)	56
7. Τεχνικές εναπόθεσης λεπτών υμενίων από διαλύματα	61
7.1 Τεχνική Wet-Coating.....	61
7.2 Τεχνική Doctor Blade	62
7.3 Doctor Blade (Frame) – Συσκευή Doctor Blade για πλαίσιομα κορνίζας.....	63
7.4 Tape Casting – Doctor Blade technique	64
8. Κατασκευαστικό Μέρος.....	68
Υλικά κατασκευής.....	68
8.1 Λειτουργία	70
8.2.1 Πλεονεκτήματα των πνευματικών συστημάτων.....	72
8.3 Ηλεκτροβάνες.....	73
8.4 Ηλεκτροπνευματικά κυκλώματα	73
8.5 Ηλεκτρολογικό μέρος.....	74
8.6 Μετασηματιστής.....	75
8.7 Μετατροπέας AC/DC	76
8.8 PLC	76
8.9 Λειτουργία Κατασκευής.....	78
8.10 Κοστολόγιο μηχανήματος.....	80
Βιβλιογραφία	81



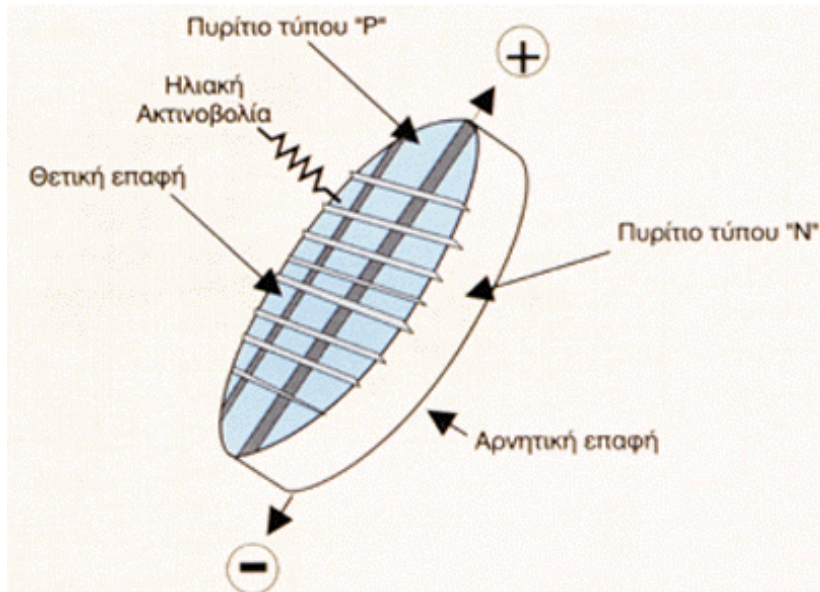
Εισαγωγή

Η σημαντικότερη, μη συμβατική, πηγή ενέργειας στο πλανητικό σύστημα είναι ο ήλιος. Εκπέμπει συγχρόνως, εκτός των άλλων, θερμότητα και φως. Λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες της ανθρωπότητας σε ενέργεια, και έχοντας διαθέσιμη την σημαντική πηγή φωτός από τον ήλιο, ανέκυψε το ερώτημα της δυνατότητας μετατροπής φωτεινής ενέργειας σε ηλεκτρική. Ο μηχανισμός μετατροπής της φωτεινής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι γνωστός ως φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1839 από τον Henry Becquerel, ο οποίος παρατήρησε μεταξύ ηλεκτροδίων βυθισμένων σε ηλεκτρολύτη, να αναπτύσσεται τάση εξαρτώμενη από το φως.

Ουσιαστικά το ηλιακό κελί είναι μια σύνδεση P-N, η οποία έχει την δυνατότητα να απορροφά φως και να απελευθερώνει ηλεκτρόνια και «οπές», δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό τάση στο κελί. Για αντιμετώπιση αναγκών σε μεγαλύτερες εφαρμογές, χρησιμοποιείται ένα σύνολο κελιών, τα οποία είναι συνδεδεμένα είτε παράλληλα είτε σε σειρά, ανάλογα με τις απαιτήσεις σε τάση και ρεύμα. Αυτά τα σύνολα κελιών ονομάζονται ηλιακά συστήματα ή ηλιακά κελιά. Τα ηλιακά κελιά, βρίσκουν εφαρμογές κυρίως σε απομακρυσμένες περιοχές, όπως σε αναμεταδότες σημάτων τηλεφωνικών ζεύξεων, σε διαστημικές εφαρμογές (σε σχετικά κοντινές προς τον ήλιο αποστάσεις), σε ορεινούς σταθμούς ελέγχου, σε τηλεχειριζόμενα ρομπότ, κτλ.

Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Είναι γνωστό ότι τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με τη μορφή ενός δίσκου, (δηλαδή η ένωση p-n εκτείνεται σε όλο το πλάτος του δίσκου), που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Δημιουργείται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μία περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές), πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας. Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντιθέτου πρόσημου), μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου (σχήμα 1).



ΣΧ. 1 Ο μηχανισμός της εκδήλωσης του Φ/β φαινομένου σε ένα ηλιακό στοιχείο. Τα φωτόνια της ακτινοβολίας, που δέχεται το στοιχείο στην εμπρός του όψη, τύπου n στο παράδειγμα του σχήματος, παράγουν ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές). Ένα μέρος από τους φορείς αυτούς διαχωρίζεται με την επίδραση του εσωματωμένου πεδίου της διόδου και εκτρέπεται προς τα εμπρός (τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, e^-) ή προς τα πίσω (οι οπές, h^+), δημιουργώντας μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του στοιχείου. Οι υπόλοιποι φορείς επανασυνδέονται και εξαφανίζονται. Επίσης ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται στην επιφάνεια του στοιχείου, ενώ ένα άλλο μέρος της διέρχεται από το στοιχείο χωρίς να απορροφηθεί, μέχρι να συναντήσει το πίσω ηλεκτρόδιο.

Έτσι, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Δηλαδή, η διάταξη αποτελεί μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου.

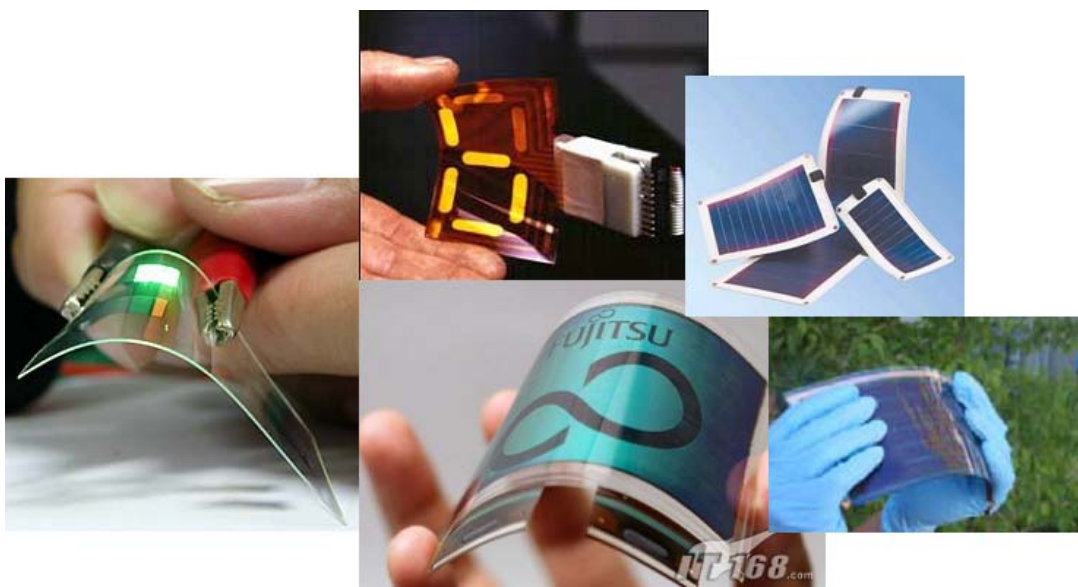
Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στις δύο όψεις του φωτιζόμενου δίσκου, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Η αποδοτική λειτουργία των ηλιακών φωτοβολταϊκών στοιχείων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στηρίζεται στην πρακτική εκμετάλλευση του παραπάνω φαινομένου. Εκτός από τις προσμίξεις των τμημάτων p και n μιας ομοένωσης, δηλαδή υλικού από τον ίδιο βασικά ημιαγωγό, το εσωματωμένο ηλεκτροστατικό πεδίο, που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση ενός ηλιακού στοιχείου, αλλά και κάθε φωτοβολταϊκής διάταξης, μπορεί να προέρχεται επίσης και από διόδους άλλων. π.χ. από διόδους Schottky που σχηματίζονται όταν έρθουν σε επαφή ένας ημιαγωγός με ένα μέταλλο.

1. Ηλεκτρονικά Νέας Γενιάς

Στο παρόν κεφάλαιο θα επιχειρηθεί πρώτα μία γενική επισκόπηση των εφαρμογών των μοριακών υλικών και ειδικότερα των συζυγών πολυμερών, καθώς αυτές κερδίζουν συνεχώς έδαφος έναντι της συμβατικής τεχνολογίας πυριτίου. Ιδιαίτερη έμφαση θα δοθεί στις εφαρμογές των οργανικών transistors (OTFT) και των οργανικών διόδων εκπομπής φωτός (OLED), που αποτελούν και τις πλέον εμπορικές εφαρμογές καθώς επίσης και στα οργανικά φωτοβολταϊκά (OPVs) μια τεχνολογία που αν και βρίσκεται σε πρώιμα στάδια επιθυμεί να πρωταγωνιστήσει στο άμεσο μέλλον.

1.1 Εύκαμπτες Ηλεκτρονικές Διατάξεις

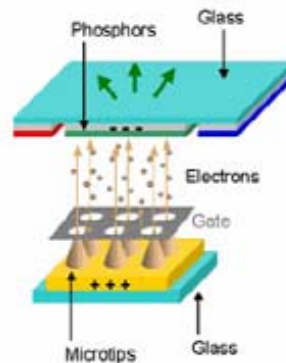
Η σύγχρονη τάση σε ότι αφορά τον τομέα των οπτοηλεκτρονικών προσανατολίζεται στην αντικατάσταση των συμβατικών υλικών που χρησιμοποιούνται σαν υποστρώματα με εύκαμπτα υλικά για την παραγωγή εύκαμπτων ηλεκτρονικών διατάξεων (Flexible Electronic Devices - FEDs). Τα εύκαμπτα ηλεκτρονικά είναι μια ανερχόμενη τεχνολογία που επιθυμεί να αντικαταστήσει την κυρίαρχουσα τεχνολογία του πυριτίου σε ότι αφορά ηλεκτρονικά κυκλώματα, διατάξεις και συσκευές.



1.1.1: Εύκαμπτες ηλεκτρονικές διατάξεις

Τα εύκαμπτα ηλεκτρονικά αποτελούν μια τεχνολογία που βασίζεται στο «χτίσιμο» ηλεκτρονικών συσκευών σε εύκαμπτα υποστρώματα. Στην απλούστερη περίπτωση μπορούν να κατασκευαστούν με τη χρήση των ίδιων των «συστατικών» που χρησιμοποιούνται στα άκαμπτα υποστρώματα.

Μια τυπική δομή μιας εύκαμπτης ηλεκτρονικής διάταξης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



1.1.2 Τυπική δομή εύκαμπτης ηλεκτρονικής διάταξης

Αποτελείται από το πολυμερικό φιλμ που χαρακτηρίζεται από οπτική διαφάνεια, στη συνέχεια αναπτύσσεται το υμένιο φραγμού, αυξάνοντας κατά τάξεις μεγέθους τις ιδιότητες φραγμού των πολυμερικών υποστρωμάτων. Τέλος τα λειτουργικά στρώματα εναποτίθενται και ολόκληρη η διάταξη ενθυλακώνεται.

Η χρήση εύκαμπτων υποστρωμάτων θα οδηγήσει στην ελάττωση του βάρους και θα επιτρέψει την κάμψη των υλικών σε πλήθος σχημάτων, αλλά και την εξοικονόμηση χώρου κατά την αποθήκευσή τους. Επιπλέον δίνει την δυνατότητα κατασκευής τους μέσω συνεχούς διαδικασίας (roll-to-roll/r2r), μειώνοντας το κόστος της μαζικής παραγωγής και επιτρέποντας μεγαλύτερη παραγωγή, αφού πρόκειται για μια διαδικασία που επιτρέπει την ανάπτυξη διαδοχικών στρωμάτων με την κίνηση του υποστρώματος από περιστρεφόμενα ρολά. Τέλος είναι δυνατή η ανακύκλωση αυτών των συσκευών ενώ παρουσιάζουν καλύτερη αντοχή σε θραύση / κρούση.

Για να χρησιμοποιηθεί ένα υλικό ως υπόστρωμα για την κατασκευή FEDs θα πρέπει να πληρεί κάποιες προϋποθέσεις ανάμεσα στις οποίες είναι:

- Να είναι λεπτό
- Να έχει μικρό βάρος
- Να είναι εύκαμπτο

- Να είναι διαφανές
- Να έχει διαπερατότητα >80%
- Να είναι ηλεκτρικά αγώγιμο
- Να είναι δυνατή η επεξεργασία του
- Να έχει χαμηλό κόστος
- Να αντιστέκεται στη δράση διαλυτών
- Να είναι αδιαπέραστο από την υγρασία και το οξυγόνο (τυπικές τιμές για τις εύκαμπτες OLED είναι $1\text{mg/m}^2\text{ per day}$ και $10^{-5}\text{ Cc/m}^2\text{ per day}$, αντίστοιχα.
- Να είναι επιφανειακά λείο
- Να είναι εμπορικά διαθέσιμο
- Να αντέχει σε θερμοκρασίες της τάξης τουλάχιστον 200°C, δίχως παράλληλα σημαντική συστολή ή διαστολή
- Η δομή του να είναι ομοιογενής και να στερείται ατελειών (κρυσταλλίτες, φυσαλίδες, νηματοειδείς σχηματισμοί κ.τ.λ.).

Μια από τις κύριες δυσκολίες για την εμπορευματοποίηση των εύκαμπτων ηλεκτρονικών διατάξεων είναι ο χρόνος ζωής τους. Τα οργανικά και πολυμερικά μόρια είναι δυνατό να αλλοιωθούν σε διάστημα μερικών ωρών σε συνθήκες περιβάλλοντος.

Κύρια αιτία για αυτό είναι οι χαμηλές ιδιότητες φραγμού που εμφανίζουν τα πολυμερικά υποστρώματα. Ως λύση προτείνεται η ενθυλάκωσή τους προκειμένου να προστατευθούν από το οξυγόνο και την υγρασία, αφού για τις εύκαμπτες ηλεκτρονικές διατάξεις οι τιμές διαπερατότητάς τους είναι μικρότερη από $10^{-6}\text{ g/m}^2\text{ per day}$ για την υγρασία και μικρότερη από 10^{-5} mL/m^2 για το οξυγόνο.

2.Οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός

Οι οργανικές δίοδοι εκπομπής φωτός (OLEDs) τυγχάνουν μεγάλου ερευνητικού ενδιαφέροντος παγκοσμίως, κυρίως για την εφαρμογή τους ως νέου τύπου οθονών απεικόνισης.

Οι τρεις κύριες κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται τα υλικά ανάλογα με την αγωγιμότητα τους είναι τα μέταλλα, οι ημιαγωγοί και οι μονωτές. Τα μέταλλα έχουν μηδενικό ενεργειακό χάσμα και τα ηλεκτρόνια τις εξωτερικής στιβάδας μπορούν να κινηθούν εύκολα από την ζώνη σθένους στην ζώνη αγωγιμότητας, προσδίδοντας έτσι στο μέταλλο καλή αγωγιμότητα. Στους μονωτές το ενεργειακό χάσμα μεταξύ ζώνης σθένους και ζώνης αγωγιμότητας είναι πολύ μεγάλο με αποτέλεσμα στα υλικά αυτά τα ηλεκτρόνια να μην μπορούν να μετακινηθούν μεταξύ των δύο ζωνών. Οι ημιαγωγοί συμπεριφέρονται ως μονωτές με μικρότερο όμως ενεργειακό χάσμα.

Τα τελευταία πενήντα χρόνια η φυσική των ημιαγωγών έπαιξε κυρίαρχο ρόλο στις βιομηχανικές και τεχνολογικές εξελίξεις με αναρίθμητες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα δίοδοι και τρανζίστορ. Τα κυρίαρχα ημιαγωγικά υλικά συναντώνται στην IV-ομάδα του περιοδικού πίνακα. Συνδυασμοί υλικών της III και V ομάδας εμφανίζουν επίσης ημιαγωγικές ιδιότητες.

Η παραγωγή φωτός μπορεί να ταξινομηθεί σε πολλούς τύπους ανάλογα με την πηγή ενέργειας η οποία χρησιμοποιείται για να παράγει τα διεγερμένα μόρια των ενεργών υλικών. Η παραγωγή φωτός από έναν ημιαγωγό όταν εφαρμοστεί πάνω του ηλεκτρικό πεδίο είναι γνωστή ως ηλεκτροφωταύγεια (electroluminescence), ενώ αυτή που βασίζεται στα φωτόνια σε συνθήκες περιοχής φάσματος υπεριώδους-ορατής ακτινοβολίας (150-1000 nm, 1-8 eV) είναι γνωστή ως photoluminescence. Μια δίοδος εκπομπής φωτός (Light Emitting Diode, LED) κατασκευασμένη από ημιαγωγούς βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτροφωταύγειας (electroluminescence) και εφαρμόζεται εκτεταμένα τα τελευταία τριάντα χρόνια τουλάχιστον (οπτική επικοινωνία, οθόνες απεικόνισης, οπισθοφωτισμός σε οθόνες LCD κ.ά.).

Παρά το γεγονός ότι ο άνθρακας (C) ως οργανικό υλικό βρίσκεται στην IV ομάδα του περιοδικού πίνακα, θεωρούνταν μονωτής. Το 1977 ο Hideki Shirakawa ανακάλυψε τις αγώγιμες ικανότητες του άνθρακα πράγμα το οποίο οδήγησε σε ένα βραβείο Νόμπελ το 2000 και άνοιξε τον δρόμο για μια νέα εποχή ημιαγωγικών τεχνολογικών εφαρμογών.

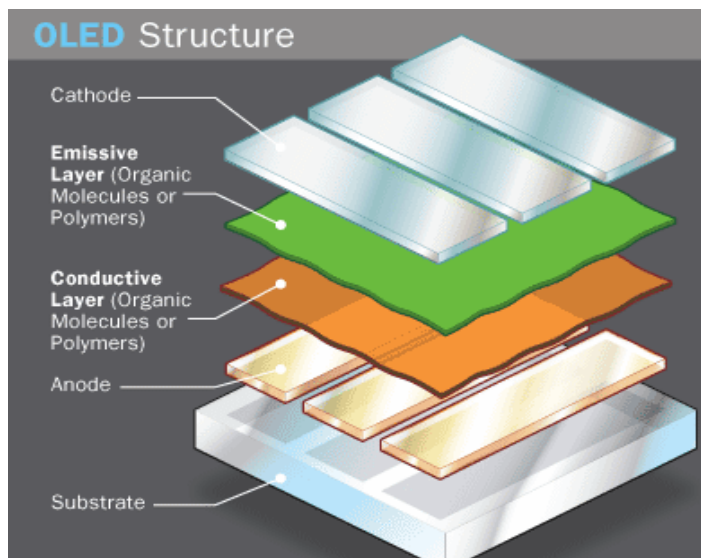
Οι πρώτοι που παρήγαγαν εκπομπή φωτός από την επίδραση της κίνησης των ηλεκτρονίων σε οργανικά υλικά ήταν στο Bernanose και το πέτυχαν με

εφαρμογή υψηλής τάσης AC σε λεπτά κρυσταλλικά στρώματα (thin films) acridine orange και quinacrine . Το 1960 ερευνητές ανέπτυξαν στο Dow Chemical κελιά από electroluminescence οδηγούμενα από AC ρεύμα χρησιμοποιώντας doped ανθρακένιο. Η χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα τέτοιων υλικών περιόρισε την ούτως ή άλλως μικρή παραγωγή ως ότου διατέθηκαν περισσότερα οργανικά υλικά, ειδικά τα polyacetylene, polypyrrole και polyaniline “Blacks”. Το 1963 μέσα από διάφορα peppers αναφέρθηκε η υψηλή αγωγιμότητα του εγχυμένου ιωδίου μέσα σε οξειδωμένο polyrrole. Τότε ο Weiss πέτυχε μία αγωγιμότητα της τάξης 1s/cm. Δυστυχώς σε αυτή την ανακάλυψη δεν δόθηκε μεγάλη σημασία.

Η πρώτη οθόνη OLED για εμπορική χρήση παρουσιάστηκε από την Pioneer Electronics το 1997 για χρήση σε στερεοφωνικά αυτοκινήτων.

Μια συσκευή OLED αποτελείται από οργανικά υλικά τοποθετημένα μεταξύ δυο ηλεκτροδίων. Όταν εφαρμοστεί ρεύμα στα ηλεκτρόδια, τότε εκπέμπεται φως από την οργανική στιβάδα. Η ηλεκτροφωταύγεια παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1963 από τον Pore et al. και το πρώτο OLED φτιάχτηκε από τον C. W. Tang το 1987 στην εταιρία Eastman Kodak.

Η βασική δομή ενός OLED φαίνεται στην παρακάτω απεικόνιση και αποτελείται από τα ακόλουθα βασικά τμήματα :



2.1 Τυπική δομή οργανικών διόδων εκπομπής φωτός (OLEDs)

- **Υπόστρωμα** : βασική του λειτουργία είναι να της παρέχει μηχανική υποστήριξη.
- **Διαφανής άνοδος** : αφαιρεί ηλεκτρόνια από το πεδίο αγωγής ή ισοδύναμα του εγχείει οπές όταν στα άκρα εφαρμοστεί κατάλληλη τάση. Το υλικό κατασκευής είναι ένα διαφανές αγωγίμο οξείδιο (Transparent Conductive Oxide-TCO). Η διαφάνεια απαιτείται για την

εξασφάλιση μη απορρόφησης κλάσματος της εκπεμπόμενης από τη δομή ακτινοβολίας. Το πάχος της κυμαίνεται γύρω στα 1000 nm.

- **Οργανικά επίπεδα:**

- **Επίπεδο αγωγής (Conducting layer):** Κατασκευάζεται από οργανικά μόρια που άγουν τις οπές που εισάγει η άνοδος. Το πάχος αυτού κυμαίνεται ανάμεσα στα 5~100nm. Ένα από τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι η polyaniline.
- **Επίπεδο εκπομπής (Emmision layer):** Αποτελείται επίσης από οργανικά μόρια που άγουν ηλεκτρόνια από την κάθοδο. Πρόκειται για το επίπεδο στο οποίο λαμβάνει χώρα το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και εκπέμπεται φωτεινή δέσμη της οποίας το μήκος κύματος καθορίζεται από την ηλεκτρονική δομή του υλικού. Το πάχος κυμαίνεται ανάμεσα στα 10~100nm. Τυπικό υλικό που χρησιμοποιείται είναι η polyfluorene.

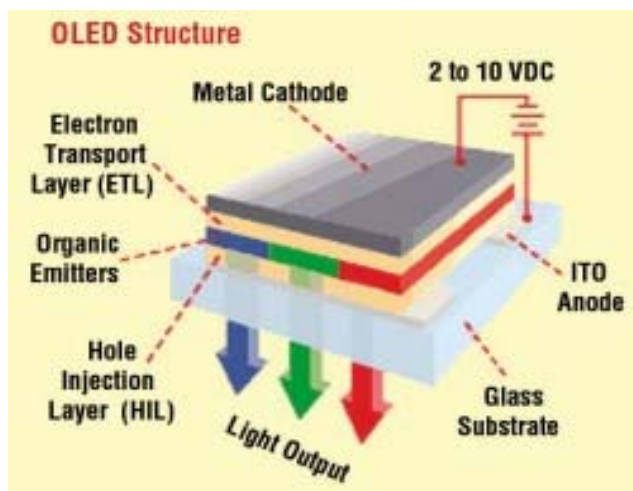
- **Κάθοδος :** ανάλογα με τον τύπο της OLED μπορεί να είναι διαφανής ή όχι. Όταν είναι διαφανής κατασκευάζεται από ITO, ενώ όταν είναι αδιαφανής συνήθως από Al. Όσον αφορά την λειτουργία της εγχέει ηλεκτρόνια στο επίπεδο εκπομπής. Το πάχος της κυμαίνεται γύρω στα 100 nm.

Το φως είναι μια μορφή ενέργειας. Επομένως, για να εκπέμπεται φως από ένα μόριο πρέπει αυτό να απορροφήσει ενέργεια από κάποια πηγή. Όταν ένα ηλεκτρόνιο σε κάποιο μόριο απορροφήσει αρκετή ενέργεια τότε μεταβαίνει σε μια διεγερμένη κατάσταση και εν συνέχεια αποδιεγείρεται ξανά με διάφορους μηχανισμούς, ένας από τους οποίους είναι και η εκπομπή φωτός. Όταν εφαρμοστεί ηλεκτρικό πεδίο μεταξύ των ηλεκτροδίων που περιέχουν την οργανική στιβάδα, τα φορτία που εισάγονται προκαλούν γεωμετρικές ατέλειες που έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή της συμμετρίας του οργανικού μορίου και την εμφάνιση χαμηλότερου ενεργειακού χάσματος E_g μεταξύ των ταινιών σθένους και αγωγιμότητας. Οι φορείς των φορτίων μετακινούνται κατά μήκος του οργανικού μορίου και η έλξη μεταξύ των φορέων οδηγεί στην δημιουργία εξιτονίου, με πιθανότητα εκπομπής φωτός. Το εξιτόνιο βρίσκεται είτε στην απλή είτε στην τριπλή διεγερμένη κατάσταση σύμφωνα με την αρχή του Pauli και θα δημιουργήσει δύο νέες ενεργειακές στάθμες εντός του ενεργειακού χάσματος. Κατά την αποδιέγερση του εξιτονίου (relaxation) θα εκλυθεί θερμότητα και φωτόνια με ενέργεια ίση με την ενεργειακή διαφορά των ενεργειακών σταθμών που αντιστοιχούν στο εξιτόνιο. Η απλή διεγερμένη κατάσταση είναι αυτή που θα

έχει ως αποτέλεσμα την εκπομπή φωτός και σε ορισμένες περιπτώσεις και η τριπλή.

Η βασική αρχή λειτουργίας ενός OLED είναι ότι με την εφαρμογή μιας τάσης πόλωσης (bias voltage) παράγονται οπές στο υψηλότερο κατειλημμένο μοριακό τροχιακό (HOMO) από την άνοδο για να δημιουργήσουν κατιονικές ρίζες, ενώ ηλεκτρόνια παράγονται στο χαμηλότερο κατειλημμένο μοριακό τροχιακό (LUMO) από την κάθοδο για να δημιουργήσουν ανιονικές ρίζες. Τα ανιόντα και τα κατιόντα κινούνται με την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου. Όταν μερικές από τις ανιονικές και κατιονικές ρίζες συναντηθούν κάπου μέσα στην στιβάδα ηλεκτροφωταύγειας θα δημιουργηθούν απλές και τριπλές διεγερμένες καταστάσεις. Μια ηλεκτρονική στάθμη ενέργειας ενός μορίου χαρακτηρίζεται ως **απλή** (singlet) και συμβολίζεται με το S, όταν το συνολικό σπιν είναι μηδέν (αντιπαράλληλα σπιν σε όλα τα ζεύγη ηλεκτρονίων), ενώ όταν αυτό είναι διαφορετικό από το μηδέν, η κατάσταση χαρακτηρίζεται ως **τριπλή** (triplet) και συμβολίζεται με το T. Μια κατάσταση T είναι φτωχότερη σε ενέργεια από την αντίστοιχη κατάσταση S. Τα υποστρώματα πάνω στα οποία αναπτύσσεται ένα OLED μπορεί να είναι άκαμπτα (γυαλί) ή εύκαμπτα (πολυμερές).

Σε σύγκριση με τα πολυμερικά υποστρώματα, το γυαλί έχει το πλεονέκτημα ότι προστατεύει καλύτερα την διάταξη από τον αέρα και την υγρασία. Η έκθεση της διάταξης στον αέρα και την υγρασία χωρίς προστατευτικό υμένιο έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της διάρκειας ζωής και της απόδοσης. Για να αυξηθεί η παραγωγή οπών από την άνοδο εισάγεται η στιβάδα παραγωγής οπών (Hole Injection Layer, HIL) η οποία αυξάνει την παροχή οπών στην στιβάδα μεταφοράς οπών (Hole Transport Layer, HTL). Αντίστοιχο ρόλο έχουν η στιβάδα παραγωγής ηλεκτρονίων (Electron Injection Layer, EIL) και η στιβάδα μεταφοράς ηλεκτρονίων (Electron Transport Layer, ETL). Τα εξιτόνια αναμένεται να σχηματιστούν στην στιβάδα εκπομπής (Emitting Layer) και να παράγουν φως. Η τελική δομή ενός OLED φαίνεται στο σχήμα 2.2.



2.2 Δομή OLED και αναπαράσταση λειτουργίας

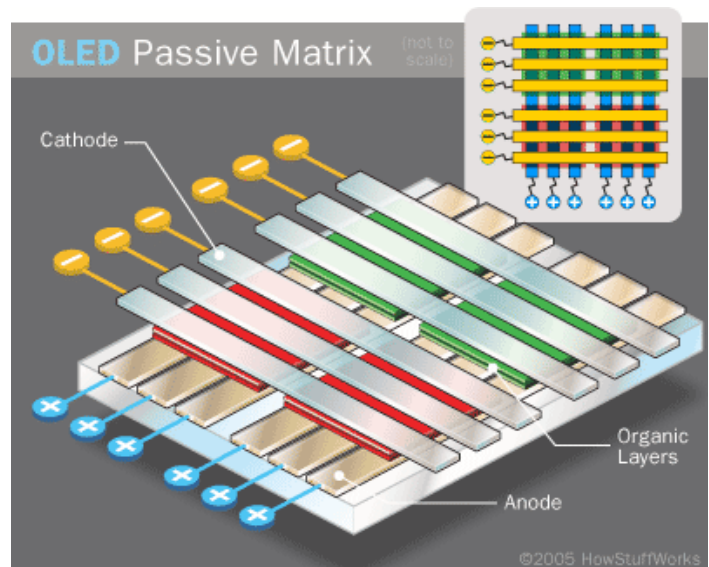
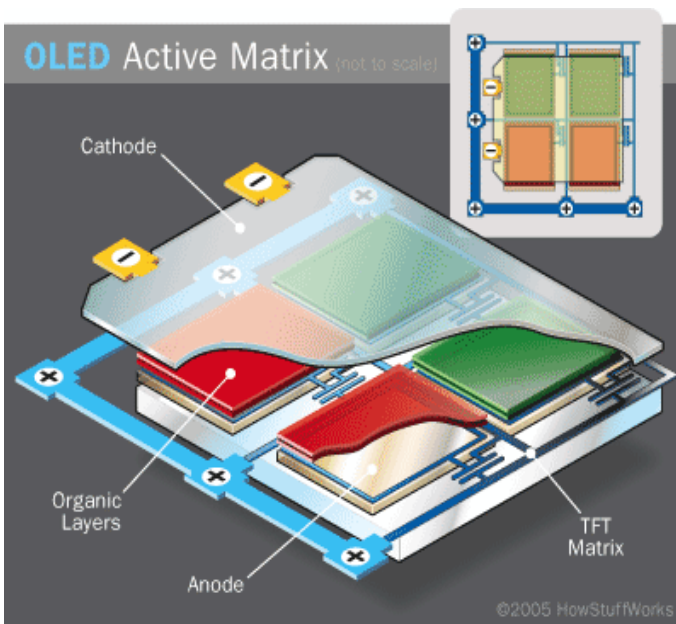
2.1 Σχετικές τεχνολογίες OLEDs

Μερικές από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή οργανικών διόδων εκπομπής φωτός καθώς και είδη αυτών παρουσιάζονται παρακάτω.

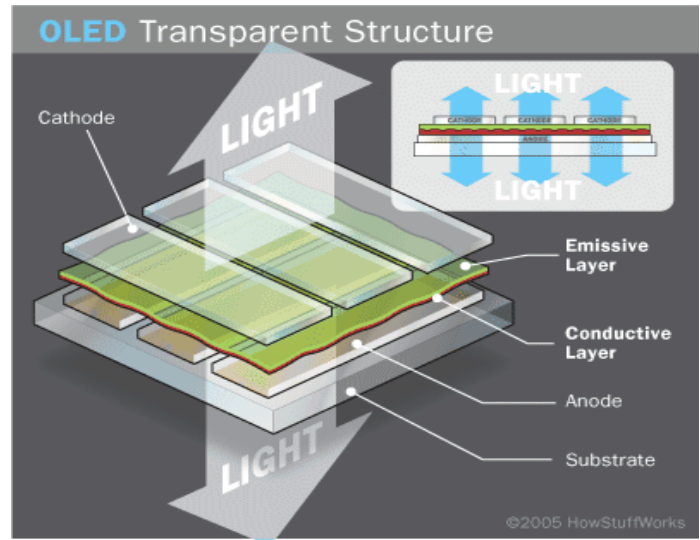
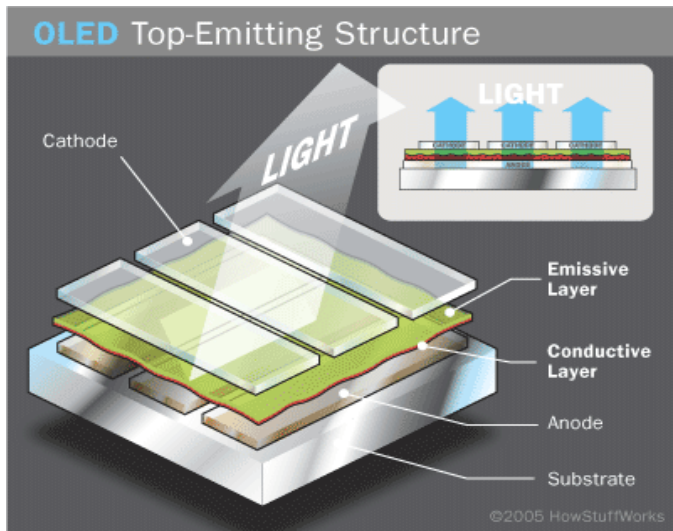
- **Small molecules:** Η τεχνολογία OLED μικρό - μορίων αναπτύχθηκε κυρίως από την εταιρία Eastman Kodak. Η παραγωγή small molecules display απαιτεί την εναπόθεση εν κενό που καθιστά την συγκεκριμένη διαδικασία παραγωγής ακριβότερη από άλλες τεχνικές . Δεδομένου ότι αυτό πραγματοποιείται σε υποστρώματα γυαλιού, αυτά τα displays δεν είναι εύκαμπτα, αν και αυτός ο περιορισμός δεν είναι έμφυτος στα small molecules οργανικά υλικά. Ο όρος OLED παραδοσιακά αναφέρεται σε αυτόν τον τύπο συσκευής αν και μερικοί χρησιμοποιούν τον όρο SM-OLED. Τα μόρια που ευρέως χρησιμοποιούνται στα OLED περιλαμβάνουν όργανο - μεταλλικά chelates (π.χ. Alq_3 , που χρησιμοποιήθηκε στην πρώτη οργανική συσκευή εκπομπής φωτός) και conjugated (κλιμένα) dedrimers. Πρόσφατα ένα υβριδικό στρώμα εκπομπής φωτός αναπτύχθηκε το οποίο χρησιμοποιεί μη αγώγιμα doped πολυμερή που εκπέμπουν φως , αγώγιμα μόρια. Το πολυμερές χρησιμοποιείται για τη παραγωγή και έχει μηχανικά πλεονεκτήματα χωρίς την ανησυχία απώλειας των οπτικών του ιδιοτήτων.
- **PLED (Polymer Light Emitting Diodes):** Τα PLEDs περιλαμβάνουν ένα αγώγιμο και φωτοβόλο, λόγω επίδρασης πεδίου, πολυμερές τα οποία εκπέμπουν φως όταν υποβάλλονται σε ηλεκτρικό ρεύμα. Αναπτυγμένα από το Cambridge Display Technology , είναι επίσης γνωστά και ως πολυμερή εκπέμποντος φωτός (light emitting polymers) (LEP). Χρησιμοποιούνται ως λεπτές ταινίες (thin films) για τα πλήρους φάσματος color displays και απαιτούν ένα σχετικά μικρό ποσό ενέργειας για το παραχθέν φως . Δεν απαιτείται κενό αέρος και τα υλικά μπορούν να εφαρμοστούν στο υπόστρωμα με την τεχνική απλού inkjet . Το υπόστρωμα μπορεί να είναι εύκαμπτο όπως το PET . Έτσι τα PLED εύκαμπτα displays μπορούν να παραχθούν ανέξοδα. Τα χαρακτηριστικά πολυμερή που χρησιμοποιούνται στα PLED displays περιλαμβάνουν παράγωγα του poly (p-phenylene vinylene) και poly (fluorine) . Επίσης έχουν την δυνατότητα καθαρισμού του χρώματος του φωτός που θα εκπέμπουν ανάλογα με την αντικατάσταση των πλευρικών αλυσίδων στην πολυμερή σπονδυλική στήλη .
- **TOLEDs (Transparent organic light – emitting device):** Χρησιμοποιούν μια ιδιόκτητη διαφανή επαφή για τη δημιουργία των

displays με εκπομπή μόνο από πάνω ,από κάτω ή και από τα δύο μέρη(διαφανής) . Τα TOLEDs μπορούν να βελτιώσουν κατά πολύ την αντίθεση , που καθιστούν ευκολότερη τη θέα του display στο φως του ήλιου .

- **SOLELED (Stacked OLEDs, Συσσωρευμένο OLEDs):** Χρησιμοποιεί μια νέα αρχιτεκτονική εικονοκυττάρου (pixel) που βασίζεται στη συσσώρευση του κόκκινου, πράσινου και μπλε subpixel το ένα πάνω στο άλλο αντί δίπλα – δίπλα όπως γίνεται συνήθως στα CRTs και LCDs . Έτσι βελτιώνεται το display ως και τρεις φορές και βελτιώνεται και η ποιότητα πλήρους χρώματος .
- Διάφορες άλλες κατηγορίες όπως **PMOLEDs (Passive matrix Oleds), AMOLEDs (Active matrix Oleds), Top emitting Oleds, Foldable Oleds** και **White Oleds**.



2.1.1,2.1.2 Τυπικές δομές AMOLEDs και PMOLEDs



2.1.3,2.1.4 : Τυπικές δομές AMOLEDs, PMOLEDs, Top emitting Oleds και Transparent Oleds

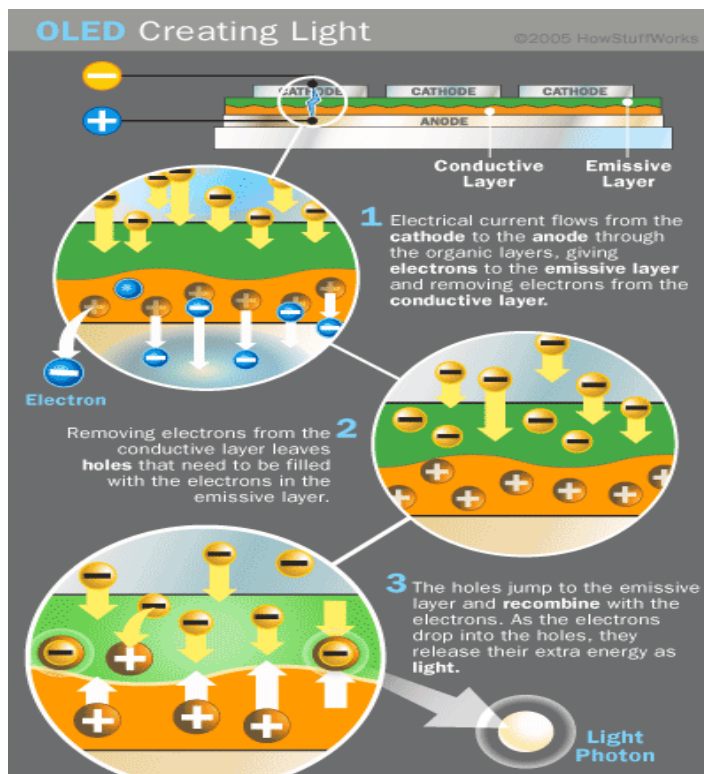
2.2 Αρχή λειτουργίας

Ένα OLED αποτελείται από ένα στρώμα εκπομπού , ένα αγώγιμο στρώμα , ένα υπόστρωμα, την άνοδο και την κάθοδο . Τα στρώματα αποτελούνται από ειδικά οργανικά πολυμερή που άγουν την ηλεκτρική ενέργεια. Τα επίπεδα της αγωγιμότητας κυμαίνονται ανάμεσα σε αυτά των αγωγών και των μονωτών για αυτό αποκαλούνται και οργανικοί ημιαγωγοί . Μια τάση εφαρμόζεται στο OLED ώστε η άνοδος να πολωθεί θετικά . Αυτό προκαλεί μια κίνηση ηλεκτρονίων τα οποία κινούνται μέσα στη συσκευή από την κάθοδο προς την άνοδο. Κατά συνέπεια η κάθοδος δίνει τα ηλεκτρόνια στο στρώμα εκπομπής και η άνοδος αποσύρει τα ηλεκτρόνια από το αγώγιμο στρώμα .Δηλαδή η άνοδος δίνει τις οπές στο αγώγιμο στρώμα . Έτσι το στρώμα εκπομπής (emissive layer) φορτίζεται αρνητικά ενώ το αγώγιμο φορτίζεται θετικά λόγω οπών . Εξαιτίας των ηλεκτροστατικών δυνάμεων τα ηλεκτρόνια και οι οπές έλκονται και επαναενώνονται (excitons) .Η ένωση αυτή γίνεται πιο κοντά στο στρώμα εκπομπής επειδή στους οργανικούς ημιαγωγούς οι οπές είναι πιο ευκίνητες από τα ηλεκτρόνια (αντίθετο από ότι στους ανόργανους) . Έτσι έχουμε μια πτώση στα ενεργειακά επίπεδα των ηλεκτρονίων που συνοδεύονται από εκπομπή ακτινοβολίας της οποίας η συχνότητα είναι σε ορατά επίπεδα . Για αυτό το στρώμα λέγεται εκπομπής (emissive layer) .

Η συσκευή δεν λειτουργεί ανάστροφα γιατί οι οπές κινούνται προς την άνοδο και τα ηλεκτρόνια προς την κάθοδο . Έτσι απομακρύνονται και δεν ενώνονται.

Σαν υλικό ανόδου χρησιμοποιείται το ITO. Είναι διαφανές στο φως και είναι αποδοτικό επειδή προωθεί την έγχυση οπών στο πολυμερές στρώμα. Τα μέταλλα όπως Al, Ca χρησιμοποιούνται ως κάθοδοι επειδή έχουν χαμηλές αποδόσεις και προωθούν την έγχυση ηλεκτρονίων στο πολυμερές.

Συγκεντρωτικά τα OLED, είτε είναι πολυμερικά, είτε μικρών μορίων, λειτουργούν δεχόμενα φορείς φορτίων αντίθετης φόρτισης, ηλεκτρόνια και οπές, από τις επαφές της καθόδου και της ανόδου αντίστοιχα. Η εφαρμογή μιας εξωτερικής τάσης οδηγεί αυτούς τους φορείς στην επανασύνδεση, όπου σχηματίζουν εξιτόνια (excitons). Υπάρχουν δυο είδη σχηματιζόμενων εξιτονίων, τα singlet και τα triplet. Κατά μέσο όρο ένα singlet και τρία triplet σχηματίζονται για κάθε τέσσερα ζεύγη οπών ηλεκτρονίων που εισέρχονται στην περιοχή σχηματισμού εξιτονίων των OLED.



2.2.1 Αρχή λειτουργίας OLEDs

Πλεονεκτήματα

Η διαδικασία παραγωγής οθονών που βασίζονται στην τεχνολογία OLED πλεονεκτεί σε πολλά σημεία από αυτά των επιπέδων ανόδων με τεχνολογία LCD. Ενδεικτικά δίνονται μερικά από αυτά :

- σχετικά απλές διεργασίες παρασκευής (εναπόθεση σε κενό, inkjet printing, screen printing, spin-coating, roll-to-roll processes).

- Δεδομένου ότι τα OLEDs μπορούν να τυπωθούν πάνω σε οποιοδήποτε κατάλληλο υπόστρωμα είναι πιο φθηνά από ότι εκείνα των LCD ή των οθονών PLASMA.
- Τα τυπωμένα OLEDs πάνω σε εύκαμπτα υποστρώματα ανοίγουν την πόρτα σε νέες εφαρμογές όπως τα roll-up displays και displays ενσωματωμένα στα ρούχα.
- Εκπληκτικές δυνατότητες θέασης (φωτεινότερα χρώματα, μεγαλύτερες γωνίες θέασης, μικρότερος χρόνος απόκρισης, υψηλό contrast) επειδή τα εικονοκύτταρα (pixels) από τα OLED εκπέμπουν άμεσα το φως.
- Αυτόφωτες (χωρίς την ανάγκη ύπαρξης backlight).
- Πολύ καλά χαρακτηριστικά λειτουργίας (χαμηλή τάση λειτουργίας, εξοικονόμηση ενέργειας, μεγάλο εύρος θερμοκρασιών λειτουργίας).
- Φιλικές στον χρήστη (λεπτές, ελαφριές).
- Εύκαμπτες (Flexible Organic Light Emitting Diodes).

Ενδεικτικά ένα LCD έχει χρόνο απόκρισης 10 ms ενώ ένα OLED έχει λιγότερο από 0,01ms .

Μειονεκτήματα

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα των OLEDs είναι ο μικρός χρόνος ζωής των οργανικών υλικών , π.χ. τα μπλε OLEDs έχουν τυπικό χρόνο ζωής περίπου 5000 ώρες , όταν χρησιμοποιούνται για επίπεδα panel displays , χρόνος ζωής μικρότερος από αυτών των LCD ή τις τεχνολογίας plasma . Πρόσφατα πειράματα έχουν μεγαλώσει τον χρόνο ζωής των μπλε OLED σε 20000 ώρες με διάφορες τεχνικές . Η διεύθυνση υγρασίας στα displays μπορούν να προκαλέσουν ζημιά ή να καταστρέψουν τα οργανικά υλικά , επομένως οι διαδικασίες σφραγισμού είναι σημαντικές για τις κατασκευές . Ένα ακόμα μειονέκτημα είναι ότι οι μεγάλες εταιρίες που έχουν τα δικαιώματα όπως η Eastman Kodak βάζουν εμπόδια για ευρεσιτεχνίες αν δεν πάρουν πρώτα την άδεια της .

Που χρησιμοποιούνται

- Ως οθόνες (στα κινητά τηλέφωνα και στα φορητά mp3 player κα.)
- Στα ραδιόφωνα αυτοκινήτων
- Στις ψηφιακές κάμερες
- Στα φωτοβολταϊκά
- Για στρατιωτικούς σκοπούς
- Για ιατρικούς σκοπούς

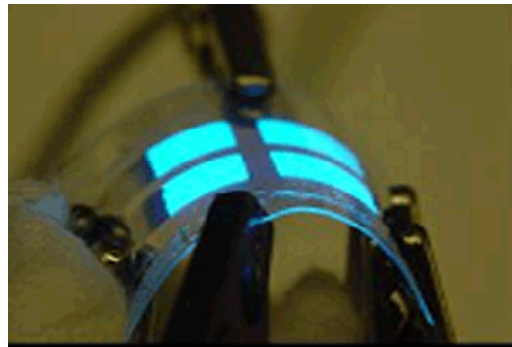
- Ως πηγές φωτός σε διαστημικά προγράμματα



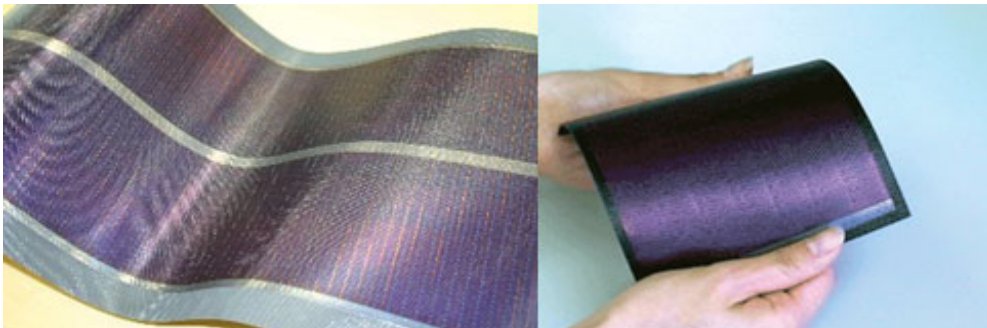
2.2.2 Εφαρμογές OLEDs

2.3 Εύκαμπτες Οργανικοί Φωτοδίοδοι (Flexible Organic Light Emitting Diodes)

Η δομή μιας OLED ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της εφαρμογής για την οποία προορίζεται μπορεί να είναι άκαμπτη ή εύκαμπτη. Οι OLEDs της δεύτερης κατηγορίας είναι γνωστές ως FOLEDs (Flexible OLEDs).



A flexible OLED



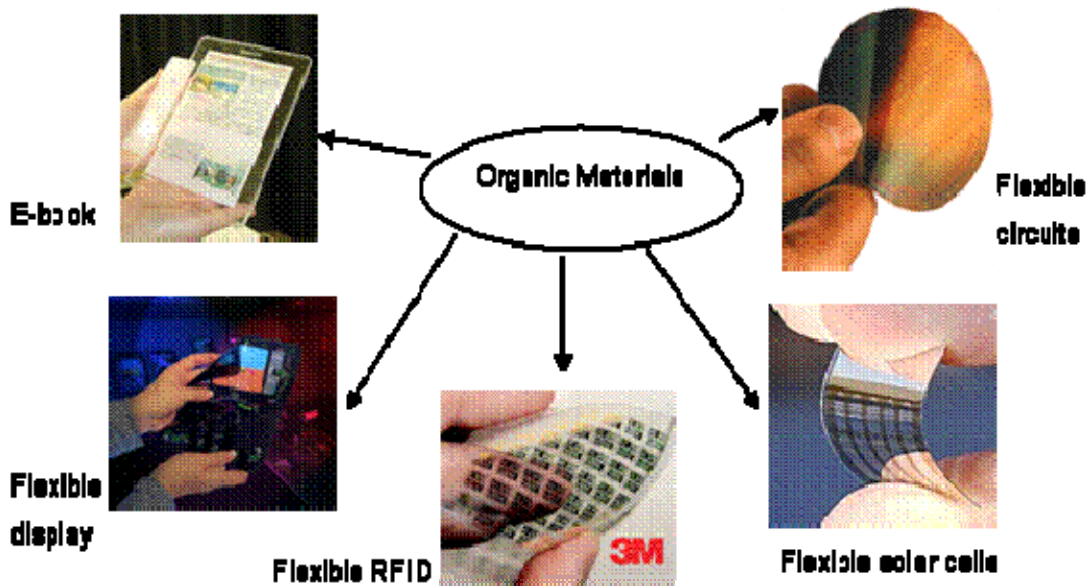
Εικόνα2.3.1 Διάφορα μορφές FOLEDs

Τα FOLEDs αναμένεται να πρωταγωνιστήσουν στις παρακάτω εφαρμογές :

- Ως λευκοί λαμπτήρες που θα αντικαταστήσουν τους κυρίαρχους για την ώρα λαμπτήρες πυρακτώσεως ή φθορισμού.
- Ως φωτεινές ταπετσαρίες που θα καταστήσουν ολόκληρες επιφάνειες κτιρίων πηγές φωτισμού.
- Ως οθόνες video υπό την μορφή στυλό τόσο λεπτές, ευσύνοπτες και εύκαμπτες που θα μπορούν να διπλώνουν και να ξεδιπλώνουν απαιτώντας ελάχιστο χώρο.
- Ως λειτουργικές συσκευές που θα επιτρέπουν την ταυτόχρονη λήψη πληροφοριών και τέλεση εργασιών (πχ. Χειρουργική). Αυτές θα

έχουν την μορφή γυαλιών που στη θέση των φακών θα έχουν διαφανείς OLED οθόνες μικρών διαστάσεων.

- Διαφανείς οθόνες video ενσωματωμένες σε διαφανείς γυάλινες επιφάνειες (πχ. παράθυρα γραφείων ή αυτοκινήτων).
- Video οθόνες τεραστίων διαστάσεων που θα καλύπτουν ολόκληρες επιφάνειες.
- Εύκαμπτες ηλεκτρονικές εφημερίδες των οποίων η ύλη θα ανανεώνεται δυναμικά ανά τακτά χρονικά διαστήματα.



Εικόνα 2.3.2 Οργανικά υλικά

Μειονεκτήματα

Το κύριο μειονέκτημα για την κατασκευή και εμπορευματοποίηση των FOLED είναι η αποικοδόμηση των ενεργών στρωμάτων κατά την έκθεσή τους στην ατμόσφαιρα. Εμφανίζουν δύο τρόπους αποικοδόμησης. Ο πρώτος αφορά στην απώλεια της απόδοσής τους και ο δεύτερος στην εμφάνιση spot που οφείλεται στην παρουσία υγρασίας και οξυγόνου.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού έχουν προταθεί δύο τρόποι ενθυλάκωσης των FOLED. Ο πρώτος περιλαμβάνει ως επιστέγασμα την τοποθέτηση πολυμερούς μεμβράνης μαζί με το στρώμα φραγμού και η δεύτερη την ανάπτυξη λεπτών υμενίων φραγμού σε επαφή με την επιφάνεια της οθόνης.

Πλεονέκτημα του δεύτερου τρόπου ενθυλάκωσης είναι η παραγωγή λεπτότερων και ελαφρύτερων συσκευών. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η ανάπτυξη λεπτών υμενίων φραγμού πρέπει να λαμβάνει χώρα σε χαμηλές θερμοκρασίες και θα πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με τα ενεργά στρώματα της συσκευής.

Οι προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για την επιλογή και ανάπτυξη υμενίων φραγμού σε εύκαμπτες οθόνες είναι :

- Η διαδικασία εναπόθεσης να είναι συμβατή ώστε να μην προκαλεί βλάβες στα ενεργά στρώματα των FOLED.
- Οι ρυθμοί διαπερατότητας δια μέσου των υμενίων φραγμού θα πρέπει να είναι ίσοι με τις επιθυμητές τιμές.
- Τα υμένια φραγμού θα πρέπει να είναι σταθερά καθόλη τη διάρκεια ζωής των FOLED (να εμφανίζουν καλή πρόσφυση και συμβατό συντελεστή θερμικής διαστολής).
- Θα πρέπει να είναι ανθεκτικά σε διαδικασίες όπως η λιθογραφία που λαμβάνουν χώρα κατά την κατασκευή των FOLED.
- Θα πρέπει να είναι εύκαμπτα.

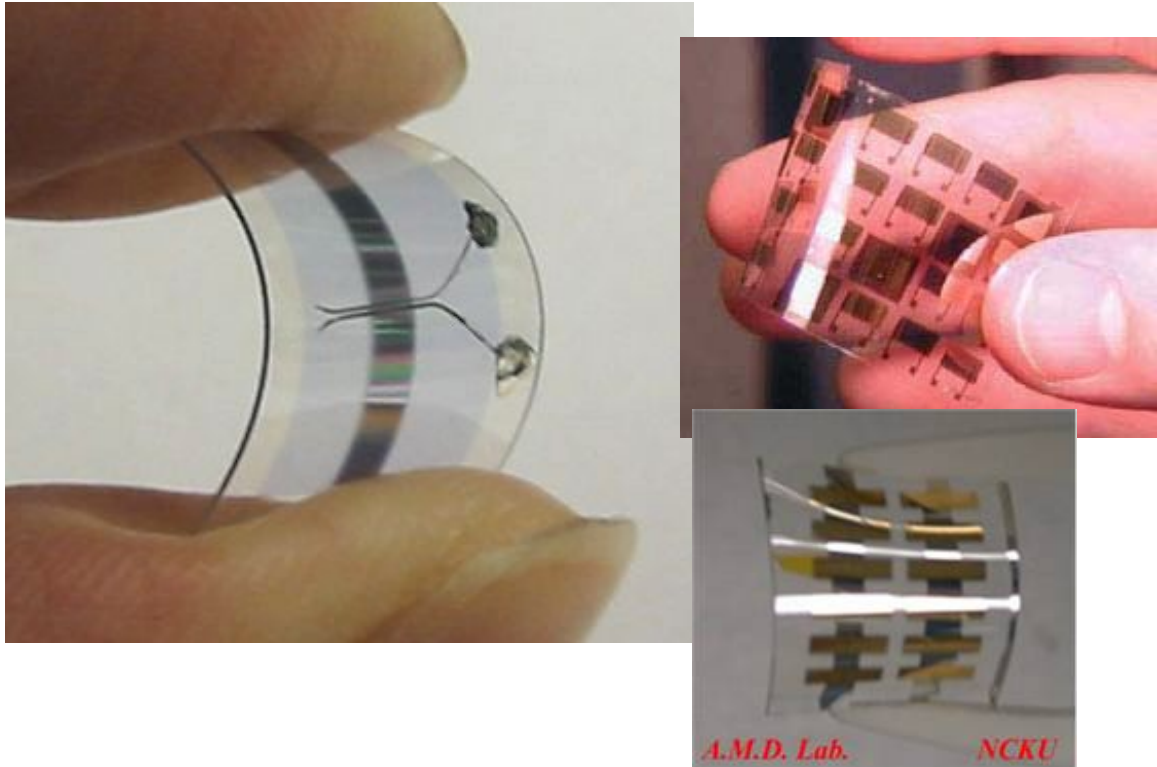
3. Διατάξεις OTFT

Γενικά

Η πρόσφατη πρόοδος όσον αφορά την έρευνα των οργανικών ηλεκτρονικών έχει αναπτύξει νέες προοπτικές σχετικά με την ανάπτυξη πολύ φθηνότερων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και συσκευών. Το κλειδί για αυτές τις νέες εξελίξεις είναι η απόδοση σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά των οργανικών transistors. Παρ' όλα αυτά, αν και είναι σαν τεχνολογία κατώτερη από αυτή που βασίζεται στο πυρίτιο, έχει γίνει κατάλληλη στην τεχνολογία οθονών και των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Δεδομένου ότι μια μεγάλη ποικιλία που χρειάζεται η βιομηχανία βασίζεται σε υλικά με μικρή σχετικά απόδοση και όσον το δυνατό πιο φθηνά, πολλοί ερευνητές και εταιρίες στρέφονται στην ανάπτυξη αυτής της νέας σχετικά τεχνολογίας των οργανικών υλικών. Σημαντικές εταιρίες όπως η Philips και η Pioneer, καθώς και μικρότερες εταιρίες όπως η Cambridge Display Technology , η Universal Display και η Uniax αναπτύσσουν τα οργανικά υλικά και τις οπτοηλεκτρονικές συσκευές. Προβλέπουν σε μια τεράστια ευκαιρία εξαιτίας του χαμηλού κόστους της τεχνολογίας των οργανικών υλικών.

Η πρώτη παγκόσμια ενεργειακή κρίση το 1970 προώθησε το ενδιαφέρον για τους οργανικούς ημιαγωγούς. Μετά από μία δεκαετία και ποιο συγκεκριμένα το 1983 κατασκευάστηκε το πρώτο OTFT το οποίο είχε ως βάση την polyacetylene (ευαίσθητο στον αέρα, χαμηλή ευκινησία). Το 1990 τα OTFTs βασίστηκαν στο sixithiophene με αποτέλεσμα να καλυτερεύσουν τα χαρακτηριστικά του. Το 1997 τα OTFTs βασίστηκαν πάνω στο pentacene.

Ήδη κάποιες εφαρμογές της οργανικής ηλεκτρονικής έχουν μπει στην αγορά. Η Philips και η Pioneer έχουν δώσει στην αγορά πολύχρωμες οθόνες για στερεοφωνικά αυτοκινήτου που βασίζονται σε οργανικά υλικά. Αν και η τεχνολογία των οργανικών ημιαγωγών και των κυκλωμάτων λεπτών ταινιών (thin films) είναι γνωστή στον κόσμο της έρευνας εδώ και πολλά χρόνια, πρόσφατα η απόδοση των οργανικών υλικών έγινε ελκυστική έτσι ώστε να δοθεί το κατάλληλο ενδιαφέρον για εμπορικούς σκοπούς.



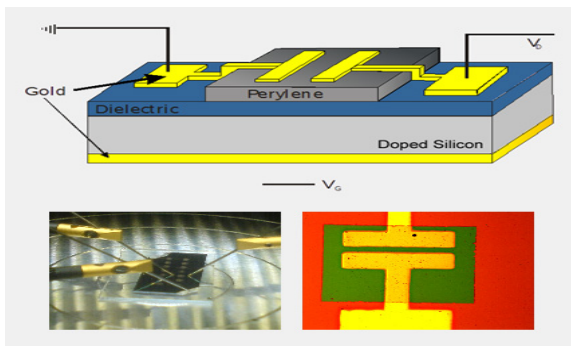
3.1 Διάφοροι τύποι OTFTs

3.1 Οργανικά υλικά

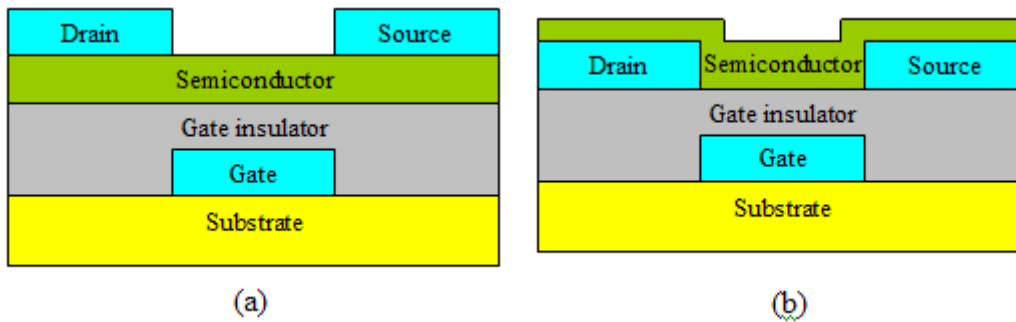
Τα οργανικά transistors (Organic TFT) είναι transistors τα οποία χρησιμοποιούν οργανικά μόρια ως ενεργό υλικό. Αυτό το ενεργό υλικό μπορεί να κατασκευαστεί από μια μεγάλη ποικιλία υλικών. Υπάρχουν δυο κύριες κατηγορίες οργανικών ημιαγωγών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή οργανικών thin films transistors: αυτή των μικρομορίων και αυτή των πολυμερών. Τα πολυμερή λόγω των χαρακτηριστικών τους έχουν την δυνατότητα σαν ηλεκτρονικά κυκλώματα να τυπώνονται σε διάφορες επιφάνειες χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ink jet ή άλλες μεθόδους τυπώματος. Τα transistors που βασίζονται σε μικρομόρια έχουν υψηλή κινητικότητα ηλεκτρονίων, αλλά για την εναπόθεσή τους πάνω σε άλλα υλικά απαιτούν συνθήκες διαφορετικές από αυτές του δωματίου (σε αντίθεση με τα πολυμερή υλικά). Όποιο τρόπο και να διαλέξει κάποιος ακόμη και σε αυτό το στάδιο της τεχνολογίας είναι πιο φθηνός από την τεχνολογία πυριτίου.

3.2 Δομή ανόδου και καθόδου.

Τα οργανικά thin film transistors μπορούν να περιέχουν είτε ένα μοριακό είτε ένα πολυμερικό κανάλι που συνδέει τις επαφές πηγής και αγωγών. Αρχικά η πύλη τοποθετείται πάνω σε ένα μονωτικό υπόστρωμα όπως γυαλί ή πλαστικό και στη συνέχεια ακολουθεί η εναπόθεση του μονωτή των πυλών, ο οποίος αποτελείται είτε από μια οργανική είτε από μια ανόργανη διηλεκτρική ταινία (film). Τα ηλεκτρόδια πηγής και αγωγών τοποθετούνται πάνω στη διηλεκτρική πύλη και το βήμα αυτό ακολουθείται από την εναπόθεση του λεπτού στρώματος καναλιών (thin film layer). Εναλλακτικά το λεπτό στρώμα καναλιών μπορεί να τοποθετηθεί πριν από τα ηλεκτρόδια πηγής – αγωγών. Εν τούτοις αυτό δεν προτιμάται λόγω του ότι το οργανικό στρώμα είναι ευαίσθητο στη φθορά που υπάρχει κατά την διάρκεια της διαδικασίας κατασκευής.



Τυπική δομή OTFT

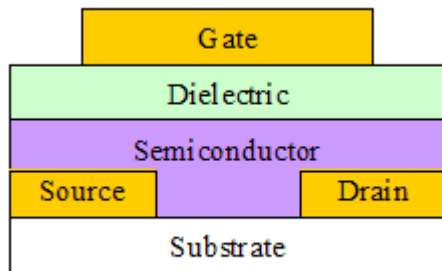


3.2.1 Διαμόρφωση συσκευών OTFT :

(a) Συσκευή με τις επαφές στο πάνω μέρος , με τα ηλεκτρόδια πηγής και αγωγών τοποθετημένα επάνω στο οργανικό ημιαγωγικό στρώμα (b) Συσκευή με τις επαφές στο κάτω μέρος , με τον οργανικό ημιαγωγό που κατατίθεται επάνω στα ηλεκτρόδια πηγής και αγωγών.

3.3 Top Gate Structure

Μια άλλη δομή που υπάρχει καλείται δομή κατώτατων πυλών. Η λειτουργία αυτού του transistor είναι ακριβώς η ίδια, αλλά προσφέρει το πλεονέκτημα ότι το στρώμα επαφών μετάλλων είναι το πρώτο που τυπώνεται στο υπόστρωμα. Το πρώτο στρώμα είναι το πιο εύκολο να τυπωθεί μιας και δεν αντιμετωπίζεται κανένα πρόβλημα στην τοπολογία με τα στρώματα. Στη διαδικασία ολοκλήρωσης εντούτοις η δομή αυτή θέτει μια πρόσθετη πρόκληση γιατί στη σχεδίαση οποιουδήποτε MOS transistor είναι γενικά ανώτερη η κατασκευή όταν κατατίθεται ο ημιαγωγός στο διηλεκτρικό παρά αντίστροφα.

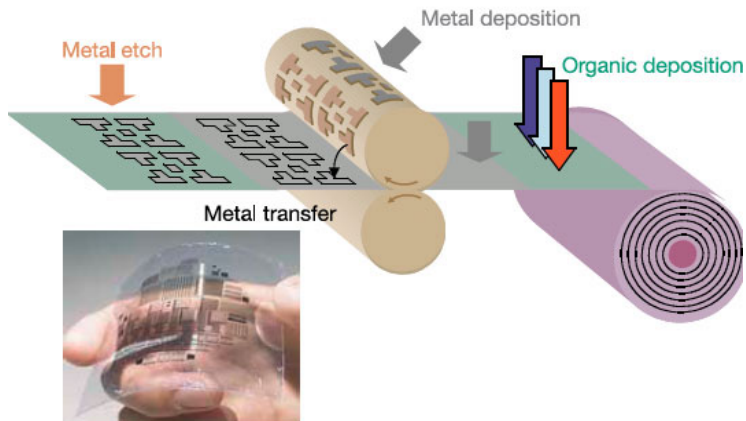


3.3.1 Δομή κατώτατων πυλών (Top Gate Structure)

Πλεονεκτήματα

Τα πλεονεκτήματα των οργανικών transistors σε σχέση με αυτά που βασίζονται στην τεχνολογία πυριτίου είναι :

- Είναι συμβατά με πλαστικές ουσίες που έτσι ώστε μπορούν να τυπωθούν πάνω τους.



3.3.2 Διαδικασία κατασκευής OTFT

- Κατασκευάζονται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (60-120°C).
- Μπορούν να κατασκευαστούν με διαδικασίες εναπόθεσης όπως με spin-coating, printing, evaporation διαδικασίες που είναι χαμηλότερου κόστους.
- Έχουν απλούστερη επεξεργασία λόγω της φύσεως των δεσμών μεταξύ των μορίων.
- Μεγάλο πεδίο εφαρμογών.

Μειονεκτήματα

Τα μειονεκτήματα των οργανικών transistors είναι :

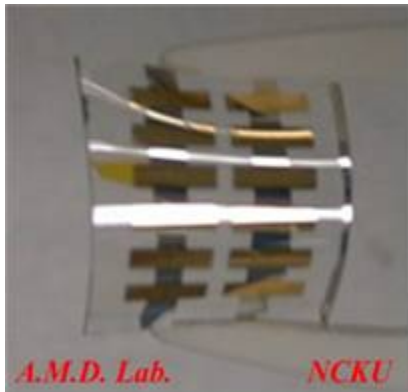
- Έχουν μικρότερη απόδοση από ότι τα transistors που βασίζονται στην τεχνολογία πυριτίου.
- Συνήθως δεν λειτουργούν σε κατάσταση αντιστροφής .
- Ιδιαίτερη ευαισθησία στην υγρασία.

Τεχνολογία οργανικών transistors το 2007

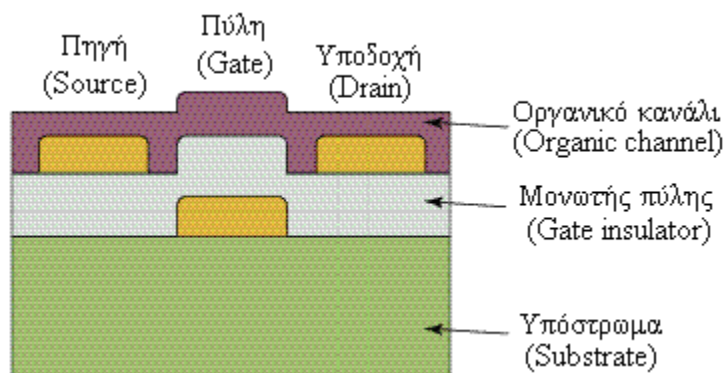
Στοιχεία	2002	2005	2007	Ανάγκες αγοράς
Υπόστρωμα	Γυαλί, πυρίτιο, άκαμπο πλαστικό	Ημιεύκαμπο πλαστικό	Υφάσματα, χαρτί	ευκινησία, προσαρμοστικότητα
Μέθοδοι εναπόθεσης	Περιστροφή, με ψεκασμό, εναπόθεση με εξάτμιση	Το ίδιο	Inkjet και impact printing	Μεγάλη ποσότητα, προσαρμογή στις ανάγκες της αγοράς
Ηλεκτρικές ιδιότητες	Παρεμφερείς με το άμορφο πυρίτιο	Το ίδιο	Παρεμφερείς με το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	Εγγύηση των ιδιοτήτων
Εφαρμογές	Οθόνες	Packaging, RF ID tags, οργανικά ηλιακά κελιά, clothing addons	Ενδύματα, luggage tags	Ευελιξία, χαμηλό κόστος

Σύγκριση μικρομορίων και πολυμερών

	μικρομόρια	πολυμερή
Βάρος μορίων	< 3000	>10000
Διαδικασία	Εξάτμιση	Solution processing
Κόστος	Μεγάλο(διαδικασία εν κενό)	Μικρό



3.3.3 OTFT τοποθετημένο σε πλαστικό υπόστρωμα



3.3.4 Δομή οργανικού transistor λεπτού φιλμ

Προς το παρόν, το υδρογονωμένο άμορφο πυρίτιο ($a\text{-Si:H}$) είναι το σε πιο ευρεία κλίμακα χρησιμοποιούμενο στρώμα στα TFT υποστρώματα (backplanes) των LCD οθονών. Για OLED καλύτερων επιδόσεων χρειάζεται η υψηλότερη απόδοση των TFT πολυκρυσταλλικού πυριτίου, αλλά το πεδίο αυτό βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της ανάπτυξης .

Οι λόγοι που μία νέα, σε ερευνητικό ακόμα στάδιο, τεχνολογία, όπως τα OTFT, μπορεί να συναγωνιστεί ή και να αντικαταστήσει την ήδη υπάρχουσα, διαδεδομένη τεχνολογία είναι οι εξής:

Υπερβαίνει τις επιδόσεις της κατεστημένης τεχνολογίας.

Κάνει δυνατή μία εφαρμογή που δεν ήταν εφικτή με την διαδεδομένη τεχνολογία, εκμεταλλευόμενη ένα ή περισσότερα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των OTFT. Για παράδειγμα, μια εύκαμπτη FPD κατασκευασμένη σε πλαστικό υπόστρωμα. Εξαιτίας της μεγάλης θερμοκρασίας κατά την απόθεση $a\text{-Si:H}$ (360°C) στα $a\text{-Si:H}$ TFT, δεν είναι δυνατή η κατασκευή LCD σε πλαστικό υπόστρωμα. Για τα OTFT μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν θερμοκρασία

δωματίου, κάνοντάς τα συμβατά με διαφανή πλαστικά. Στην περίπτωση αυτή, η νέα τεχνολογία συμπληρώνει την ήδη υπάρχουσα.

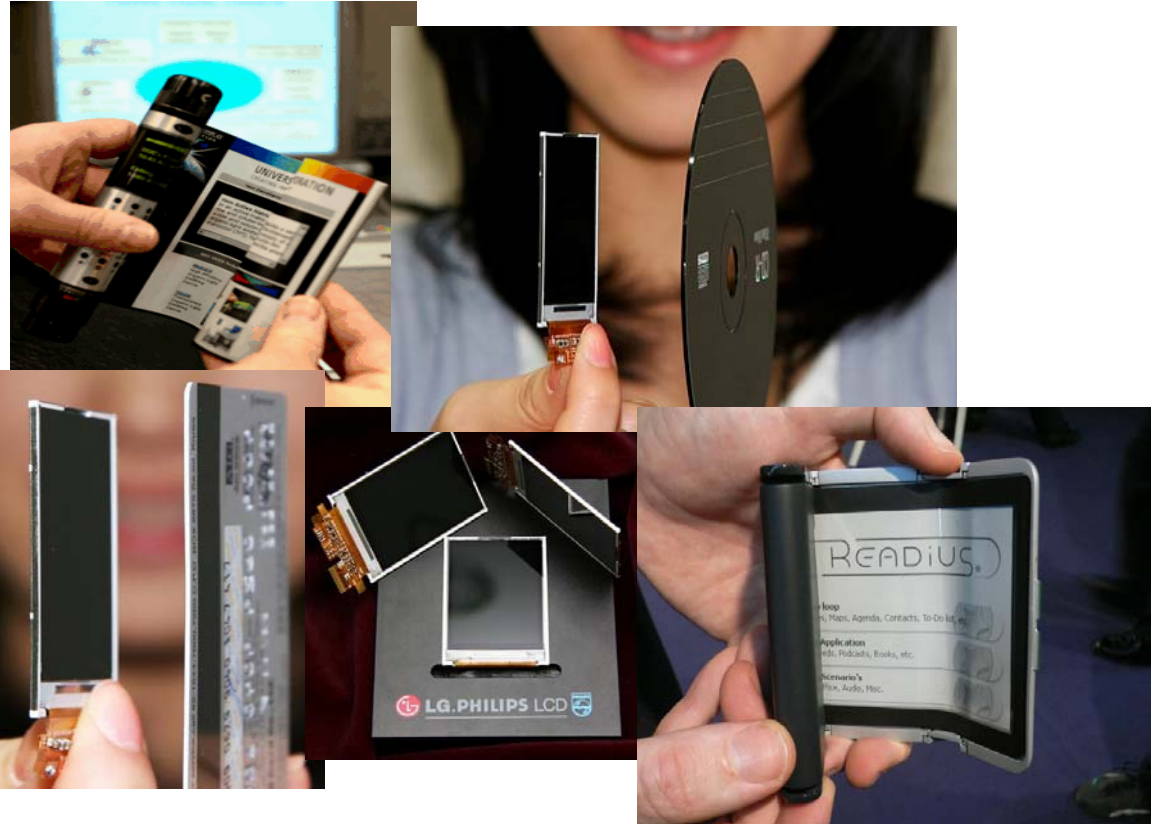
- Μειώνει κατά πολύ το κόστος παραγωγής των TFT, αν αυτά παράγονται από οργανικά, χωρίς να μειώνει τις επιδόσεις.
- Αν και η διάρκεια ζωής των διατάξεων είναι μικρότερη και ίσως μερικά χαρακτηριστικά είναι υποδεέστερα, μπορεί να προτιμηθούν επειδή είναι πιο αναλώσιμες και αντικαθίστανται πιο εύκολα.

Σημαντικές βελτιώσεις μπορούν να συμβούν αν οι οργανικοί ημιαγωγοί προέρχονται από εμβύθιση σε διαλύματα, μια και οι τιμές της ευκινήσιας που προκύπτουν είναι σχετικά συγκρίσιμες με τα TFT που εναποτέθηκαν με κενό (για το πεντακένιο μόνο μία τάξη μεγέθους). Γενικά, έχει αναπτυχθεί τον τελευταίο καιρό ένα πολύ μεγάλο ενδιαφέρον στον τομέα κατασκευής ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και displays με διάφορες μεθόδους εκτύπωσης, όπως εκτύπωση επί της οθόνης (screen-printing), εκτύπωση ψεκασμού (ink-jet printing) και εκτύπωση μικροεπαφών (microcontact printing). Για τις μεθόδους αυτές, τα οργανικά ημιαγωγά υλικά προσφέρουν πληθώρα πλεονεκτημάτων έναντι της συμβατικής τεχνολογίας. Αυτός είναι ένας ακόμη λόγος που ωθεί στην έρευνά τους. Τα οργανικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν με εύκολες μεθόδους, όπως επικάλυψη με περιστροφή (spin-coating), εκτύπωση, εξάχνωση κ.ά.

Η πρόοδος που έχει σημειωθεί στις επιδόσεις των OTFT κατά την τελευταία δεκαετία είναι τεράστια. Έχει φτάσει, μάλιστα, η στιγμή που μία πρώτη εφαρμογή είναι κοντά. Από τους οργανικούς ημιαγωγούς, το πεντακένιο που έχει εναποτεθεί με εξάχνωση σε κενό αποτελεί την οργανική ένωση που υπόσχεται τα περισσότερα, εξαιτίας της πολύ καλά οργανωμένης δομής του, όπως αυτή προκύπτει χάρη στον πλήρη έλεγχο της μεθόδου εναπόθεσης.

Τα OTFT θα μπορούσαν ακόμη να χρησιμοποιηθούν σε υποστρώματα τύπου active - matrix για displays “ηλεκτρονικού χαρτιού” που βασίζονται σε pixels που συγκεντρώνουν ηλεκτροφορητικές μικροκάψουλες μελάνης. Άλλες χρήσεις των OTFT είναι είτε έξυπνες κάρτες ή ετικέτες ηλεκτρονικής αναγνώρισης, δηλαδή εφαρμογές που δεν απαιτούν υψηλές ταχύτητες απόκρισης.

Καθώς, μάλιστα, αυξάνεται η ανάγκη για πολύ χαμηλού κόστους (αλλά όχι πάντα υψηλής απόδοσης) κυκλώματα, είναι πιθανό μέσα σε δέκα χρόνια η επιφάνεια που θα καλύπτουν τα οργανικά κυκλώματα να ξεπερνά αυτή των κυκλωμάτων πυριτίου, αν και τα transistors πυριτίου θα ξεπερνούν σε εξαιρετικό βαθμό τον αριθμό και την απόδοση των οργανικών.



3.3.5 Διάφοροι τύποι OTFTs

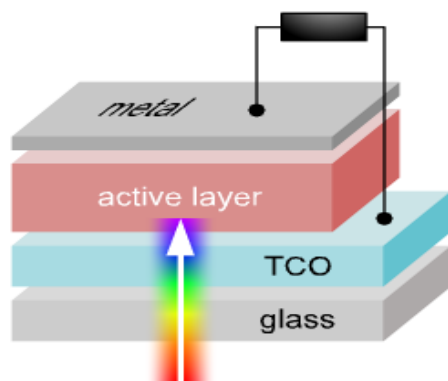
4. Οργανικές Φωτοβολταϊκές διατάξεις

Η ανακάλυψη του φωτοβολταϊκού φαινομένου αποδίδεται αρχικά στον γάλλο φυσικό, Becquerel, όταν το 1839 παρατήρησε την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από την επίδραση του φωτός σε ένα ηλεκτρόδιο βυθισμένο σε ηλεκτρολυτικό διάλυμα. Το έναυσμα για την εκμετάλλευση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, το έδωσε ανακάλυψη και εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου από τον Albert Einstein, οποίος βραβεύτηκε γι' αυτή του την εργασία με το βραβείο Νόμπελ το 1905. Το 1954 μπορεί να θεωρηθεί ως η «Χρυσή Εποχή των Φωτοβολταϊκών». Ήταν τότε που οι Chapin, Fuller και Pearson μπόρεσαν να κατασκευάσουν μια ηλιακή κυψελίδα πυριτίου απόδοσης 6%, μια τιμή που αυξήθηκε σε 14% μέχρι το 1958 και 28% μέχρι το 1988 (Verlinden).

Οι οργανικές φωτοβολταϊκές διατάξεις (OPVs) είναι ημιαγωγικές διατάξεις οι οποίες αποτελούνται από ένα ή περισσότερα πολυμερικά στρώματα – ταινίες (polymeric films).

Η τυπική δομή ενός OPV αποτελείται από :

- **Διαφανές ηλεκτρόδιο καθόδου.** Χρησιμοποιείται για την απορρόφηση της ακτινοβολίας. Το υλικό που χρησιμοποιείται πιο πολύ είναι το ITO και είναι το σημείο κατά το οποίο συλλέγονται οι οπές.
- **Οργανικό στρώμα.** Βρίσκεται ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια και είναι το μέσο στο οποίο δημιουργούνται τα ζεύγη ηλεκτρονίων – οπών. Μερικά από τα οργανικά υλικά που χρησιμοποιούνται σαν υπόστρωμα είναι τα P3OT, MEH – PPV, PFO.
- **Ηλεκτρόδιο ανόδου.** Είναι το σημείο κατά το οποίο συλλέγονται τα ηλεκτρόνια. Συνήθως κατασκευάζεται από αλουμίνιο καθώς και από άλλα υλικά όπως Ca, Mg, Cu κα.



4.1 Τυπική δομή οργανικής φωτοβολταϊκής διάταξης

4.1 Αρχή λειτουργίας OPVs

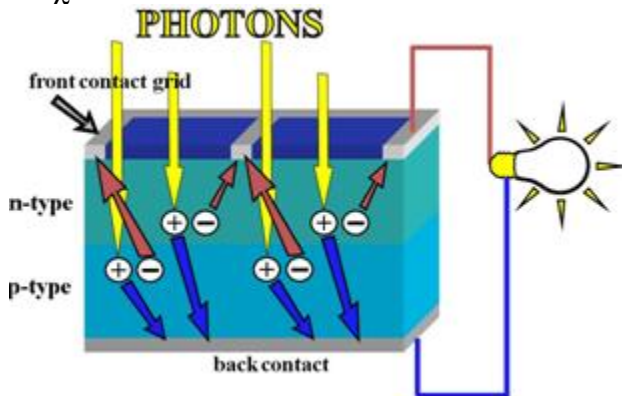
Τα οργανικά φωτοβολταϊκά (OPVs) είναι η επόμενη γενιά των ηλιακών κελιών τα οποία θα βοηθήσουν ως παραγωγικά μέσα ενέργειας όταν, όχι στο μακρινό μέλλον, τα αποθέματα πετρελαίου θα τελειώσουν. Η τεχνολογία των ηλιακών κυττάρων βασίζεται κατά κύριο λόγο στο πυρίτιο στην εποχή μας και χρησιμοποιούν την λειτουργία των διόδων pn.

Τα οργανικά ηλιακά κελιά από την άλλη είναι κατασκευασμένα από λεπτές ταινίες (thin films), συνήθως μεγέθους 100 nm, που αποτελούνται από οργανικά ημιαγωγικά στοιχεία όπως πολυμερή και ενώσεις μικρομορίων (πχ. polyphenylene vinylene, copper phthalocyanine και carbon fullerenes).

Η θεωρία λειτουργίας των οργανικών ηλιακών κελιών είναι παρόμοια με αυτή των ηλιακών κελιών που βασίζονται στο πυρίτιο, στα οποία η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από το φως του ήλιου σύμφωνα με το φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι το αποτέλεσμα του συνδυασμού δύο λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα στον ημιαγωγό όταν προσπίπτει το ηλιακό φως πάνω του. Η πρώτη λειτουργία είναι η παραγωγή μέσω φωτός ηλεκτρικών φορτίων, ηλεκτρόνια ή οπές, σε ένα ελαφρύ απορροφητικό υλικό και η δεύτερη είναι ο διαχωρισμός των ηλεκτρικών φορτίων στην αγώγιμη επαφή η οποία θα μετατρέψει το διαχωρισμό αυτό σε ηλεκτρική ενέργεια. Μια πιο ενδελεχής περιγραφή του φωτοβολταϊκού φαινομένου δίδεται παρακάτω.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω τα οργανικά φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού που δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία. Η επαφή p – n εκτείνεται στο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας τους. Όταν υπάρχει πρόσπτωση φωτός – ακτινοβολίας τα φωτόνια με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού ($h\nu \geq E_g$) έχουν την δυνατότητα να απορροφηθούν σε χημικούς δεσμούς και να ελευθερώσουν ηλεκτρόνια. Δημιουργούνται έτσι, όσο διαρκεί η ακτινοβολία, μια περίσσεια από ζεύγη φορέων (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές), πέρα από τις συγκεντρώσεις που αντιστοιχούν στις συνθήκες ισορροπίας.

Οι φορείς αυτοί καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντιθέτου προσήμου), μπορεί να βρεθούν στην περιοχή της ένωσης $p - n$ οπότε θα δεχθούν την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου. Έτσι τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς τη μεριά τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς τη μεριά τύπου p , με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των τμημάτων της διόδου. Συνεπώς η διάταξη αποτελεί μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται όσο διαρκεί η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου.



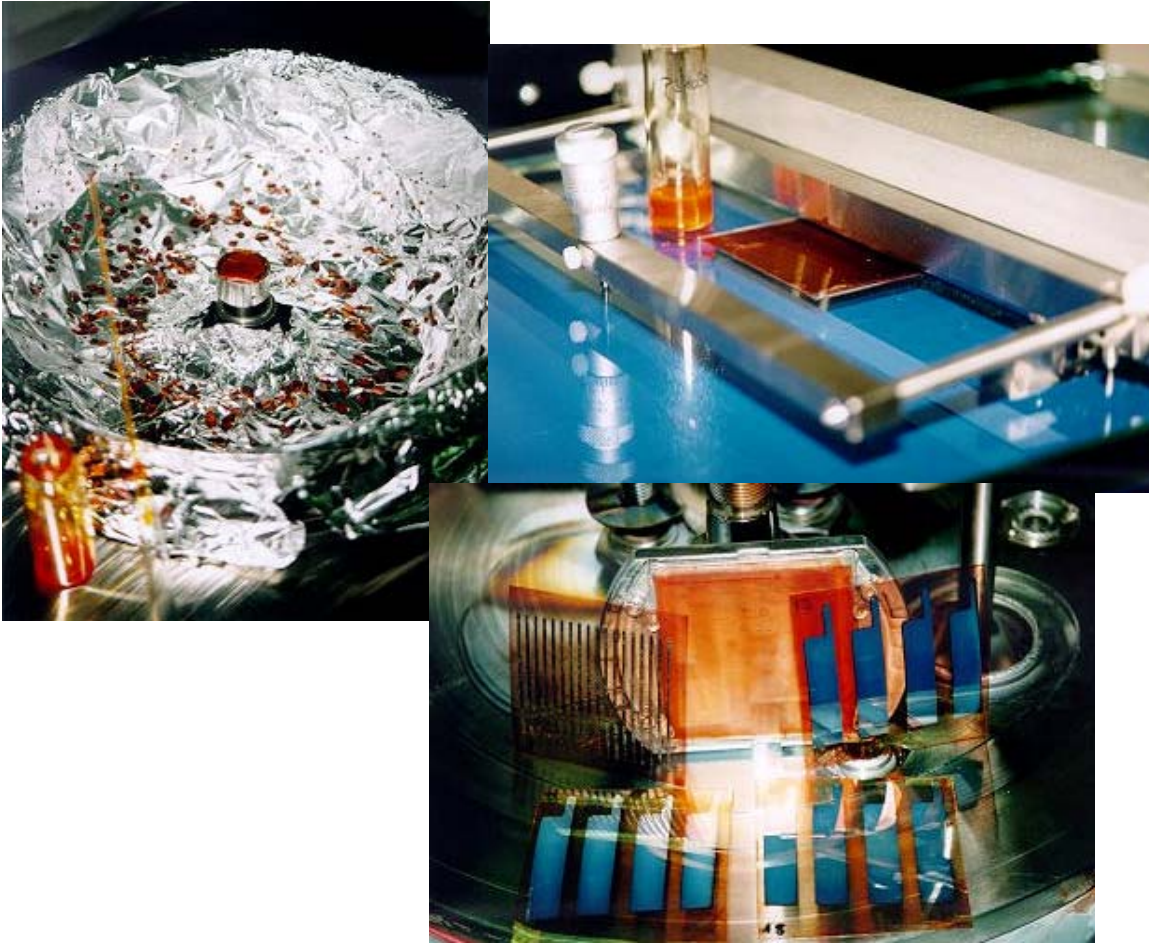
4.1.1 Τα φωτόνια (φως) προσπίπτουν στην επιφάνεια και δημιουργούνται ελεύθερα ηλεκτρόνια που με την κίνηση τους δημιουργούνται ζεύγη οπών – ηλεκτρονίων. Λόγω της επίδρασης του πεδίου της επαφής $p - n$ τα ζεύγη χωρίζονται και κάθε ένας από τους φορείς κινείται προς την αντίστοιχη επαφή.

Η τεχνολογία των οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων βρίσκεται στην εποχή μας κυρίως σε ερευνητικό στάδιο για αυτό υπάρχει μεγάλο εύρος ανάπτυξης. Η έρευνα προσανατολίζεται στην κατασκευή εύκαμπτων οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων με την χρήση πολυμερικών στρωμάτων τα οποία θα δίνουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Παραγωγή μεγάλης επιφάνειας ηλιακών κυψελών με χαμηλό κόστος.
- Τα ηλιακά κελιά να είναι εύκαμπτα και ημιδιαφανή καθώς και με χαμηλό ειδικό βάρος.
- Να κατασκευάζονται με συνεχή διαδικασία εκτύπωσης.
- Να γίνεται εύκολη ενσωμάτωση στις ηλεκτρικές συσκευές.
- Να έχουν καλή απόδοση.

Μέχρι στιγμής και εντός των πλαισίων που η έρευνα έχει χαράξει αρκετά είναι τα πλεονεκτήματα καθώς και τα μειονεκτήματα όσον αφορά την περαιτέρω ανάπτυξη των οργανικών πολυμερικών φωτοβολταϊκών διατάξεων. Έτσι μερικά από τα πλεονεκτήματα είναι:

- Επεξεργάζονται πολύ εύκολα με διάφορες τεχνικές
 1. Spin coating
 2. Doctor Blade techniques (wet processing)
 3. Evaporation (dry processing)
 4. Printing



4.1.2 Τεχνικές παραγωγής Ορνς (*Spin coating, Doctor blade*)

Πλεονεκτήματα

- Έχουν χαμηλό κόστος.
- Μικρό βάρος.
- Μηχανική ευκαμψία και διαφάνεια.

- Το χάσμα ζωνών των οργανικών υλικών μπορεί εύκολα χημικά να συντονιστεί με την ενσωμάτωση διαφορετικών λειτουργικών ομάδων.
- Λόγω των ιδιοτήτων τους (εύκαμπτα και εύκολα προσαρμοζόμενα) μπορούν να ενσωματωθούν σε μαλακές επιφάνειες.

Μειονεκτήματα

Μερικά από τα πιο κατανοητά προβλήματα που παρουσιάζουν τα οργανικά φωτοβολταϊκά είναι:

- Η παρουσία ισχυρής οδηγούσας δύναμης για την διάσπαση του εξιτονίου.
- Παρατηρείται μικρή κινητικότητα του φορτίου.
- Περιορισμένη απορρόφηση φωτός κατά μήκος του ηλιακού φάσματος, γεγονός που περιορίζει το ρεύμα των ηλεκτρονίων.
- Μικρός σχετικά χρόνος ζωής που κυμαίνεται σε λιγότερο από 5 χρόνια και μικρή σχετικά με την τεχνολογία του πυριτίου απόδοση της τάξεως κοντά του 5%.

4.2 Παράγοντες αποδοτικότητας OPVs

Τρεις είναι οι κύριοι παράγοντες όσον αφορά την αποδοτικότητα που πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη μας για τα ηλιακά κελιά. Το μέγιστο σημείο λειτουργίας (maximum power point), το οποίο μπορούμε να βρούμε μετρώντας την τιμή του ηλιακού κυττάρου από το μηδέν ως την μέγιστη τιμή λειτουργίας του. Η αποδοτικότητα ενεργειακής μετατροπής, το οποίο ορίζεται ως το ποσοστό της δύναμης - ενέργειας που συλλέγεται και μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η τιμή του βρίσκεται διαιρώντας την τιμή του μέγιστου σημείου λειτουργίας (maximum power point) με το γινόμενο της τιμής της έντασης (E) και της τιμής της επιφάνειας του ηλιακού κελιού.

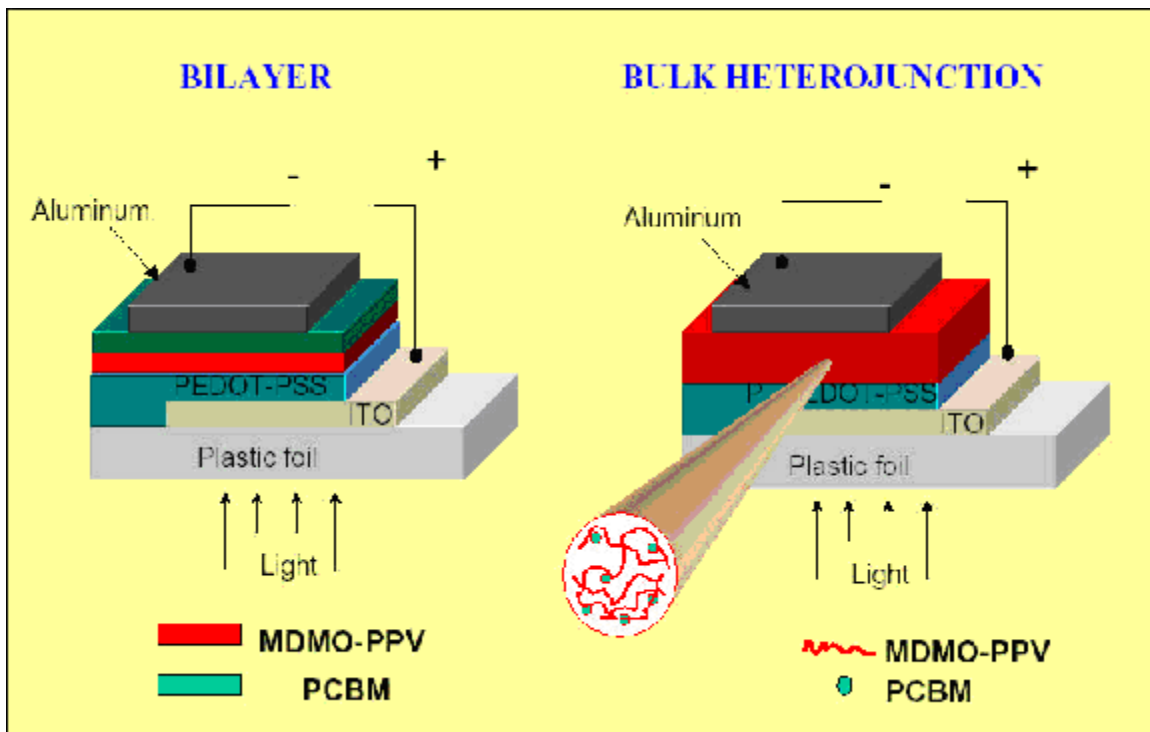
$$n = \frac{\text{power}}{E * \text{επιφάνεια}}$$

Ο τρίτος παράγοντας είναι ο παράγοντας "αφθονίας" (Fill Factor) ο οποίος ορίζεται σαν ο λόγος του μέγιστου σημείου λειτουργίας (maximum power point) με το γινόμενο της τάσης ανοικτού κυκλώματος και το ρεύμα βραχυκυκλώματος.

$$FF = \frac{power}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{n * επιφαινεια * E}{V_{oc} * I_{sc}}$$

Από την αρχική ανακάλυψη των οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων μέχρι και την εποχή μας έχουν αναπτυχθεί διάφορα είδη αυτών των ηλιακών κελιών. Μερικά από αυτά τα είδη των OPVs διαφορετικής αρχιτεκτονικής είναι:

- Single layer:
Αποτελεί την αρχιτεκτονική των πρώτων οργανικών ηλιακών κελιών τα οποία αποτελούνταν από ενιαία μοριακά στρώματα που είχαν θερμανθεί και εξατμιστεί και τοποθετούνταν μεταξύ δύο μεταλλικών ηλεκτροδίων με διαφορετική λειτουργική συμπεριφορά.
- Bilayer heterojunction: Στις συσκευές αυτού του τύπου το υλικό που αποτελούσε το δότη και το υλικό που αποτελούσε τον αποδέκτη των φορτίων ήταν στοιβαγμένα μαζί με μια επίπεδη διεπαφή. Το στρώμα αυτό βρισκόταν ανάμεσα των δύο ηλεκτροδίων.
- Bulk heterojunction:
Σε αυτού του τύπου τις διατάξεις υπάρχει ανάμειξη του δότη και του αποδέκτη έτσι ώστε να δημιουργείται ένας τομέας ώστε η επιφάνεια του δότη – αποδέκτη να έχει απόσταση μικρότερη από το μήκος διάδοσης των εξιτονίων στις περιοχές απορρόφησης. Είναι παρόμοια με την Bilayer heterojunction αλλά με μεγαλύτερη επιφάνεια κατά την οποία λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός των φορτίων.
- Diffuse Bilayer heterojunction:
Είναι τύπος αρχιτεκτονικής των οργανικών ηλιακών κελιών που περιλαμβάνει τα πλεονεκτήματα των δύο παραπάνω τεχνικών.



4.2.1 Τυπικές δομές τύπου Bilayer και Bulk Heterojunction στα OPVs

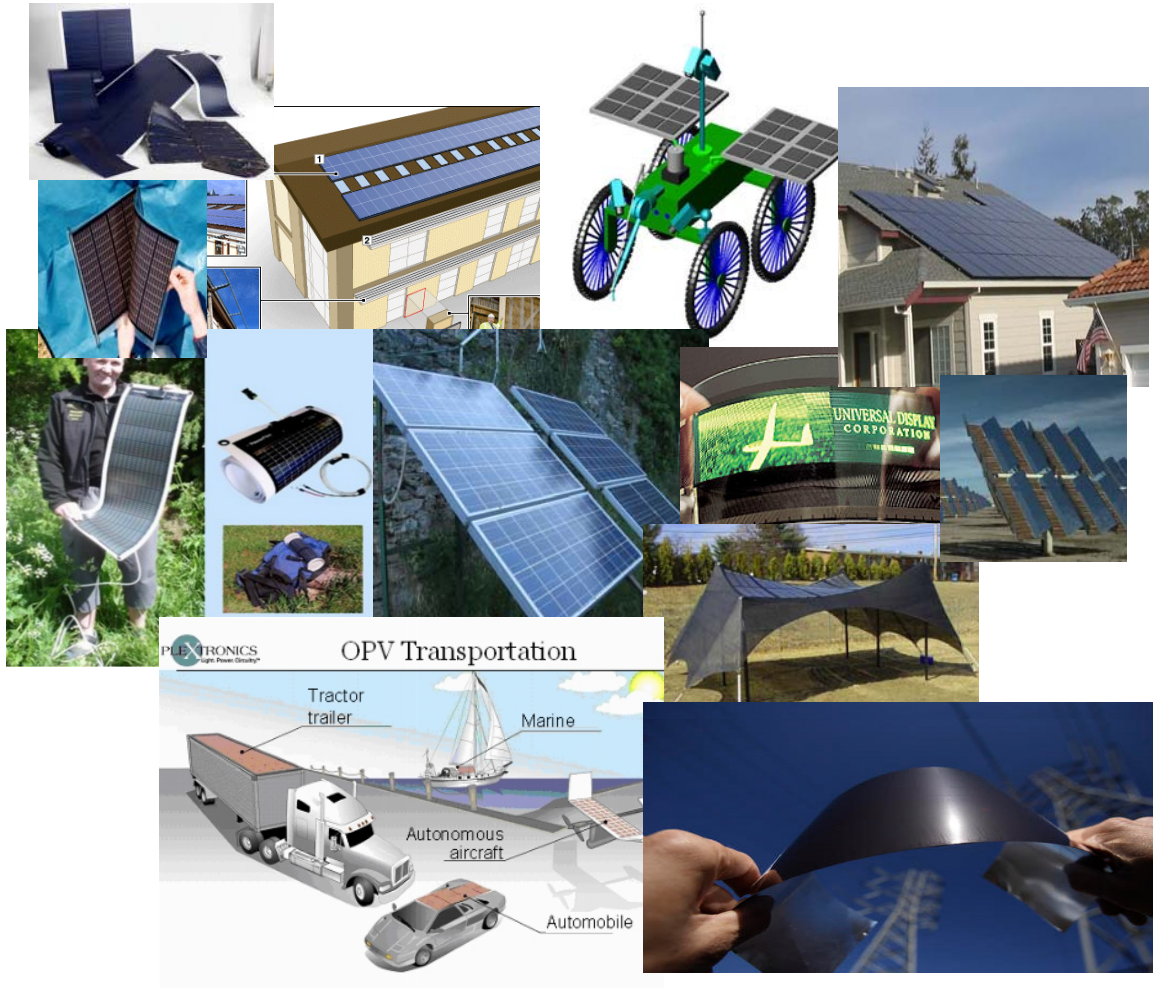
Οι διατάξεις αυτές είναι πολύ ευαίσθητες σε ότι αφορά την αλλοίωση και την αστάθειά τους. Τα συζευγμένα πολυμερή που χρησιμοποιούνται στα OPVs είναι ασταθή κατά την έκθεσή τους στον αέρα και σε συνδυασμό με την υγρασία μπορούν να επιφέρουν την επικοδόμησή τους, με επακόλουθο την διάρρηξη της σύζευξης των δεσμών των πολυμερών υλικών και την δημιουργία ενώσεων μη επιθυμητών όπως δημιουργία καρβονυλο – ομάδων. Μελέτες έδειξαν ότι η έκθεση στο φως και στον αέρα το πάχος του ενεργού στρώματος αυξήθηκε, ενώ οι τιμές του δείκτη διάθλασης και του συντελεστή απορρόφησης αυξήθηκαν. Έτσι και σε αυτή την περίπτωση απαιτείται η ενθυλάκωση των διατάξεων με υμένα υπερυψηλού φραγμού.

Όσον αφορά τις εφαρμογές κατά τις οποίες λαμβάνει χώρα η χρησιμοποίηση των οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων, αυτές είναι όλες οι εφαρμογές που χρειάζονται μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Επίσης τα οργανικά φωτοβολταϊκά κελιά και κυρίως εκείνα που προσαρμόζονται πάνω σε εύκαμπτες επιφάνειες χρησιμοποιούνται σε στέγες σπιτιών, σε δορυφόρους, σε ρούχα κτλ.

Γενικά η ενεργειακή αγορά στο χώρο των φωτοβολταϊκών στην εποχή μας απαιτεί χαμηλού κόστους εύκαμπτες λύσεις καθώς και φορητές και κυρίως αποκεντρωμένες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Τα OPVs δείχνουν μια υποσχόμενη τεχνολογική ανάπτυξη μιας και η αποδοτικότητα μέχρι το 10% μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική από το 5% περίπου που ισχύει σήμερα δεν εμφανίζει αναγνωρισμένα εμπόδια. Επίσης

η χρησιμοποίηση της τεχνικής role to role (R2R) εγγυάται χαμηλό κόστος κατασκευής. Όλα τα παραπάνω δημιουργούν την πεποίθηση ότι τα OPVs είναι οι πλέον υποσχόμενες διατάξεις για την επόμενη γενιά των φωτοβολταϊκών διατάξεων.

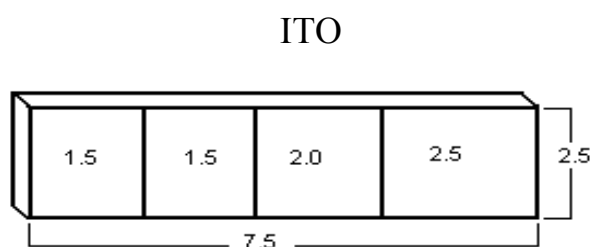


4.2.2 Διάφορες εφαρμογές των οργανικών ηλιακών κυψελίδων

5. Κατασκευή και Χαρακτηρισμός Οργανικών Φωτοβολταϊκών Διατάξεων

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τη διαδικασία που απαιτείται για την κατασκευή οργανικών διατάξεων.

Το πρώτο στάδιο για να ξεκινήσουμε την διαδικασία είναι η κοπή των δοκιμίων γυαλιού με επίστρωση ITO (διαστάσεων 7,5cm x 2,5cm) σε μικρότερα δοκίμια διαστάσεων από 1,5cm έως 2,5cm , όπως φαίνεται στο σχήμα.



5.1 Δοκίμιο γυαλιού με επίστρωση ITO

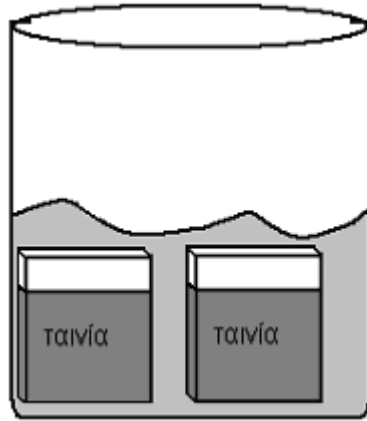
Στο δεύτερο στάδιο θα πρέπει να διαμορφώσουμε την αρεστή επιφάνεια ITO που είναι η επαφή καθόδου .

Η επίστρωση ITO εκτείνεται σε όλη την έκταση της μιας πλευράς των δοκιμίων και πρέπει να αφαιρέσουμε μια μικρή λωρίδα .Για να γίνει αυτό θα πρέπει να καλύψουμε τα μέρος που θέλουμε να υπάρχει ITO με μία ειδική ταινία υψηλής αντοχής , αφήνοντας ακάλυπτο ένα μικρό μέρος όπως φαίνεται στο παρακάτω σχέδιο.



5.2 Δοκίμιο καλυμμένο με ταινία

Το τρίτο στάδιο της διαδικασίας είναι η τοποθέτηση των δοκιμίων σε διάλυμα HCl 37,5% .



5.3 Τοποθέτηση δοκιμίων σε HCl

Αφού έχουμε καλύψει τα δοκίμια μας με ταινία τα τοποθετούμε σε διάλυμα HCl συγκέντρωσης 37,5% , το οποίο θα αφαιρέσει το ITO από το μέρος που δεν έχουμε καλύψει με ταινία . Η διαδικασία αυτή διαρκεί μόνο 2,5 με 3 λεπτά και ο μόνος κατάλληλος χώρος για την υλοποίηση αυτού του σταδίου είναι ο απαγωγός .



5.4 Απαγωγός

Στο τέταρτο στάδιο γίνεται ο καθαρισμός των δοκιμίων. Αφού βγάλουμε τα δοκίμια από το διάλυμα HCl τα ξεπλένουμε και τους αφαιρούμε την προστατευτική ταινία. Αμέσως μετά τα τοποθετούμε σε Ακετόνη για να

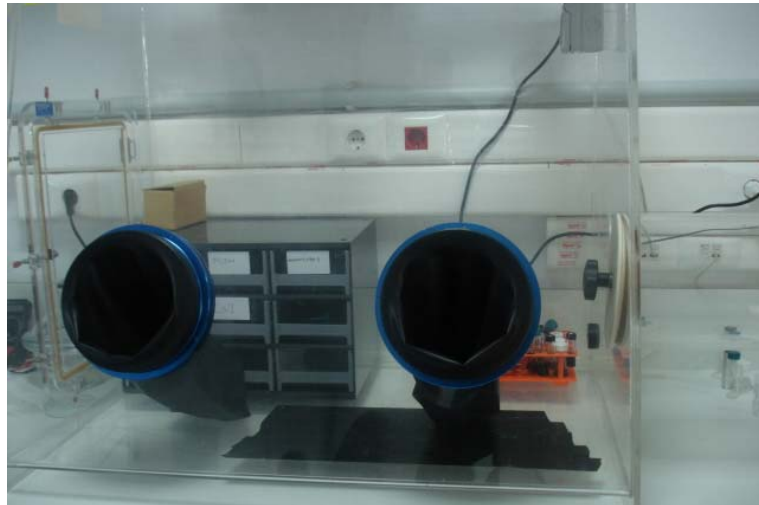
υποβληθούν σε πλύση με υπέρηχους(Ultrasonic Bath) ώστε να απομακρυνθούν τα υπολείμματα κόλλας και τυχόν άλλων ακαθαρσιών .



5.5 Ultrasonic bath

Το πέμπτο και τελευταίο στάδιο είναι το στέγνωμα των δοκιμίων με την υποβοήθηση ενός ζεστού ρεύματος αέρα. Μετά την ολοκλήρωση και αυτού του σταδίου τα δοκίμια είναι έτοιμα να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία επιστρώσεων επαφών.

Για την επίστρωση των δοκιμίων χρησιμοποιούμε διαλύματα πολυμερών (P3OT, P3HT) και νανοδομών (C60, SWNTs) τα οποία φυλάσσονται σε ειδικό μέρος (Glove Box),έτσι ώστε να μην επηρεάζονται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.



Εικόνα 5.5 Glove Box

Για να γίνει ομοιόμορφα η επίστρωση των διαλυμάτων στα δοκίμια χρησιμοποιούμε τη μέθοδο του Spin Coater (φυγόκεντρος).



Εικόνα 5.6 Spin Coating

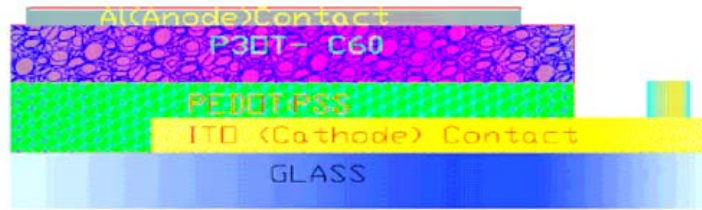
Στην διαδικασία της επίστρωσης εκ περιστροφής δημιουργείται μία επίστρωση υλικού μέσω φυγοκέντρωσης του δοκιμίου που έχει τοποθετηθεί επάνω του το επιθυμητό υλικό. Το πάχος του πολυμερούς στρώματος μπορεί να υπολογιστεί με την ρύθμιση της συγκέντρωσης του πολυμερούς διαλύματος ή με την ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής που προκαλεί την φυγοκέντρωση.

Τέλος τα δοκίμια θα πρέπει να στεγνώσουν τοποθετώντας τα σε ένα πυρίμαχο σκεύος που θα τοποθετηθεί με την σειρά του σε θερμαινόμενη εστία της οποίας η θέρμη ελέγχεται μέσω ηλεκτρονικής διάταξης.



Εικόνα 5.7 Θερμαινόμενη εστία

Μετά το τέλος και αυτού του σταδίου τα δοκίμια θα έχουν την όψη του παρακάτω σχήματος και θα είναι έτοιμα για τη λήψη μετρήσεων.



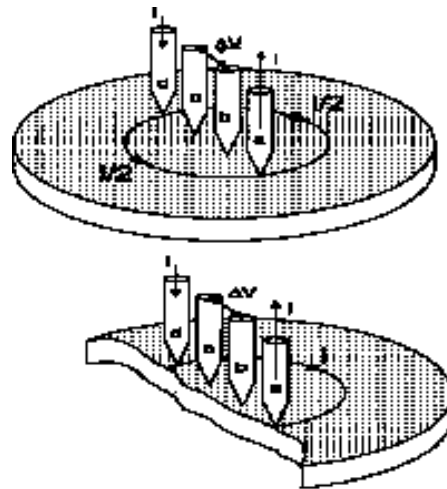
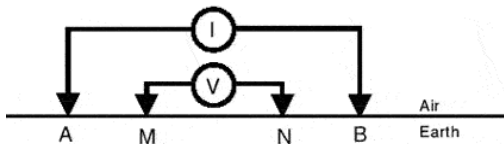
Εντούτοις στην περιστροφή των δοκιμίων με τη μέθοδο του Spin Coater, η πλειοψηφία του διαλύματος του υλικού που περιστρέφεται από το υπόστρωμα, σε ορισμένες καταστάσεις μπορεί να υπάρξει μια έλλειψη υλικού ή μια πιο παχιά στρώση.

Τα μειονεκτήματα της παραπάνω τεχνικής μας οδήγησαν στην υλοποίηση μιας μηχανής η οποία περιορίζει τέτοιου είδους προβλήματα και εξασφαλίζει μεγαλύτερη ομοιομορφία στην επίστρωση του δοκιμίου κατά την εκτέλεση του πειράματος. Η λειτουργία και ο τρόπος κατασκευής θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

6. Τεχνικές Μέτρησης Ειδικής Αντίστασης

6.1 Δειγματοληψία Τεσσάρων Σημείων (Four-Point Probe)

Ο σκοπός της τεχνικής δειγματοληψίας τεσσάρων σημείων (four - point probe, 4ptP) είναι η μέτρηση της ειδικής αντίστασης ενός ημιαγωγού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση είτε ενός ημιαγωγίου δείγματος είτε ενός ημιαγωγίου υμενίου επάνω σε μονωτικό ή αγώγιμο υπόστρωμα. Τη διάταξη μέτρησης αποτελούν τέσσερις συνευθειακά τοποθετημένες και ισαπέχουσες μεταλλικές ακίδες οι οποίες εφάπτονται του δείγματος που θέλουμε να μετρήσουμε όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1.1. Ως, s , ορίζουμε την απόσταση μεταξύ δύο γειτονικών ακίδων. Οι ακίδες είναι τοποθετημένες σε ένα μηχανικό σύστημα προσέγγισης της επιφάνειας του δείγματος και περιέχουν ελατήρια που βοηθούν στο να μην χαράζεται το δείγμα από τυχόν υπερβολική πίεση κατά την επαφή τους.



6.1.1 Σχηματική αναπαράσταση τεχνικής 4 point probe

6.2 Λειτουργία διάταξης

Μια πηγή ρεύματος παρέχει ρεύμα, I , που διαρρέει το δείγμα διαμέσου των δύο εξωτερικών ακίδων και με ένα βολτόμετρο μετράται η πτώση τάσης, U , ανάμεσα στις δύο εσωτερικές ακίδες.

Στη συνέχεια θα εξάγουμε τις σχέσεις που δίδουν την ειδική αντίσταση δείγματος για γενικές περιπτώσεις. Ορίζουμε ως l , w , t , το μήκος, το πλάτος και το πάχος του δείγματος αντίστοιχα.

Στην τεχνολογία μετρήσεων της αντίστασης των ημιαγωγών συναντώνται πολύ συχνά περιπτώσεις που αποκλίνουν από τις οριακές (δηλαδή για λεπτό δείγμα μεγάλης επιφάνειας $t \ll s$ με $w, l \gg s$ και παχύ δείγμα μεγάλης επιφάνειας $t \gg s$ με $w, l \gg s$).

Τέτοιες είναι η μέτρηση της αγωγιμότητας λεπτών υμενίων σε αγώγιμα υποστρώματα, η μέτρηση δισκίων πυριτίου πάχους συγκρίσιμου με την απόσταση των ακίδων και η εύρεση της διακύμανσης της αγωγιμότητας υμενίων ή δισκίων που απαιτεί μετρήσεις πολύ κοντά στις άκρες τους εκεί δηλαδή όπου $l, w \approx s$. Για όλες αυτές τις περιπτώσεις το ηλεκτροστατικό πρόβλημα έχει λυθεί αναλυτικά ή υπολογιστικά. Σε κάθε περίπτωση, η ειδική αντίσταση εκφράζεται από τη σχέση:

$$\rho = \frac{\pi t U}{\ln 2 I} * f_1 * f_2$$

όπου το f_1 είναι αδιάστατος διορθωτικός παράγοντας που εξαρτάται από το πάχος του δείγματος και το είδος του υποστρώματος (μονωτικό ή αγώγιμο) και το f_2 αντίστοιχος παράγοντας που εξαρτάται από το μήκος και το πλάτος του δείγματος.

Για δείγμα πεπερασμένου πάχους σε μονωτικό υπόστρωμα ο παράγοντας f_1 παίρνει τη μορφή:

$$f_1 = \frac{\ln 2}{\ln \left[\frac{\sinh\left(\frac{t}{s}\right)}{\sinh\left(\frac{t}{2s}\right)} \right]}$$

Στα όρια $t \ll s$ και $t \gg s$ η παραπάνω καταλήγει στις $f_1 \propto I$ και $f_1 \propto 2\ln(2)s/t$ αντίστοιχα. Έτσι, η ειδική αντίσταση καταλήγει στις σχέσεις

$$\rho = 2\pi s \frac{U}{I} \quad \text{και} \quad \rho = \frac{\pi t U}{\ln 2 I}$$

Στο εργαστήριο

Τα δείγματα που μελετούμε στο εργαστήριο ανήκουν στην κατηγορία του λεπτού δείγματος μεγάλης επιφάνειας. Ως τέτοιο εννοείται δείγμα πάχους $t \ll s$ με $w, l \gg s$ που είτε είναι αυτόνομο είτε βρίσκεται ως υμένιο επάνω σε κάποιο μονωτικό υπόστρωμα. Εδώ το ηλεκτροστατικό πρόβλημα προσεγγίζεται με την υπόθεση ότι το ρεύμα πηγάζει από τα δύο εξωτερικά σημεία επαφής και απλώνεται υπό τη μορφή κυλινδρικών φλοιών μέσα στο δείγμα. Το στοιχείο αντίστασης, dR , κυλινδρικού φλοιού πάχους, dx , ύψους, t , και ακτίνας, x , από το σημείο επαφής της δεξιάς ακίδας δίδεται τώρα από:

$$dR = \rho \frac{dx}{2\pi xt}$$

Ολοκληρώνοντας για την απόσταση ανάμεσα στις δύο εσωτερικές ακίδες, όπου μετράται η τάση, παίρνουμε την μετρούμενη αντίσταση, $R_{x1 \rightarrow x2}$:

$$R_{x1 \rightarrow x2} = \int_{x_1}^{x_2} \rho \frac{dx}{2\pi xt} = \frac{\rho}{2\pi t} \ln 2$$

η οποία σε συνδυασμό με το νόμο του Ohm $R_{x1 \rightarrow x2} = U/I$ καταλήγει στην:

$$\rho = \frac{\pi t U}{\ln 2 I}$$

Η παραπάνω έκφραση είναι ανεξάρτητη της απόστασης των ακίδων μεταξύ τους. Αν διαιρέσουμε την παραπάνω σχέση με το πάχος παίρνουμε την έκφραση για μια πολύ σημαντική ποσότητα στην τεχνολογία λεπτών υμενίων, την *επιφανειακή αντίσταση (sheet resistance)*, R_s :

$$R_s = \frac{\rho}{t} = \frac{\pi U}{\ln 2 I}$$

Η ποσότητα αυτή εκφράζει την αντίσταση που προβάλλει ένα δείγμα με επιφάνεια τετραγώνου στο ρεύμα που το διαρρέει παράλληλα στην επιφάνεια αυτή. Πράγματι αυτό προκύπτει από τη σχέση $R = \rho(l/ws)$ όταν θέσουμε $l = w$. Για να θυμίζει αυτό το γεγονός, η ποσότητα R ορίστηκε να έχει ως μονάδα το $\Omega/\text{τετράγωνο}$ ή Ohm/sq αν και η πραγματική της μονάδα είναι τα Ohms.

Η τεχνική 4ptP χρησιμοποιείται ευρύτατα για τη μέτρηση της επιφανειακής αντίστασης λεπτών στρωμάτων προσμίξεων σε ημιαγωγούς.

6.3 Μέτρηση δυο σημείων (two- points probe)

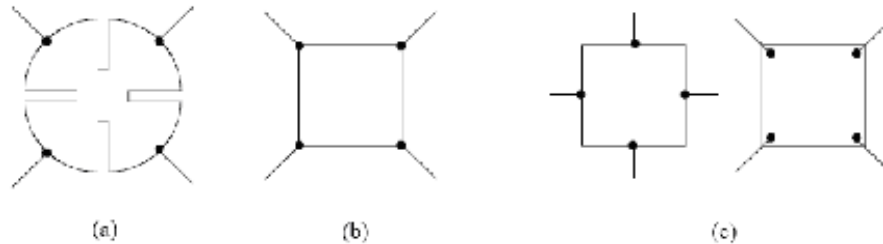
Ο νόμος του Ohm χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της αντίστασης ενός υλικού ή μιας συσκευής. Για τον νόμο ισχύει $R = \frac{U}{I}$.

Ένα γνωστό ρεύμα τροφοδοτεί και διαχέει μια άγνωστη αντίσταση. Εμείς μπορούμε να μετρήσουμε την τάση που αναπτύσσεται διαμέσου της αντίστασης διαιρώντας την τάση που εφαρμόζεται στη συσκευή με τη παρεχόμενη ένταση-ρεύμα. Ένα πρόβλημα που μας απασχολεί όταν χρησιμοποιούμε εξοπλισμό δύο καλωδίων είναι η τάση που μετρούμε δεν είναι αυτή που μετريέται μόνο διαμέσου της αντίστασης αλλά περιλαμβάνει και τις αντιστάσεις των οδηγών και των επαφών. Όταν χρησιμοποιούμε ωμόμετρο για την μέτρηση αντιστάσεων αρκετών Ohms αυτή η προστιθέμενη αντίσταση δεν είναι συνήθως πρόβλημα. Από την άλλη όταν μετρούμε χαμηλές αντιστάσεις ή όταν η αντίσταση επαφής είναι μεγάλη τότε τα ακριβή αποτελέσματα της μέτρησης με καλώδια 2 σημείων είναι πρόβλημα.

6.4 Μέθοδος VAN DER PAUW

Άλλη μια τεχνική μέτρησης της ειδικής αντίστασης ενός αγωγίμου δείγματος είναι η μέθοδος Van der Pauw. Η μέθοδος πήρε το όνομα της από τον ερευνητή της PHILLIPS που πρώτος την κατέδειξε και την χρησιμοποίησε. Χρησιμοποιείται σε υμένα διαφόρων σχημάτων και διαστάσεων στα οποία η ειδική αντίσταση παραμένει σταθερή σε όλη την έκταση τους. Αποδεικνύεται ωστόσο ότι είναι ακριβέστερη στη γεωμετρία του τετράφυλλου τριφυλλίου και

του ορθογωνίου παραλληλογράμμου, με τις απαιτούμενες τέσσερις επαφές, να βρίσκονται στη διάταξη που φαίνεται στα Σχήματα 3.1.5 (a) και (b). Οι επαφές θα πρέπει να πραγματοποιούνται πάντα στις άκρες ή γωνίες του δείγματος και όχι όπως εικονίζεται στο σχήμα 3.1.5 (c).



6.4.1 (a)(b) Αποδεκτές γεωμετρίες δείγματος και επαφές για την τεχνική Van der Pauw (c) Μη συνιστώμενες θέσεις επαφών για ορθογώνια δείγματα

Επίσης τα καλώδια που λαμβάνονται από τις επαφές θα πρέπει να είναι από το ίδιο μεταλλικό σύρμα ώστε να ελαχιστοποιούνται σφάλματα που οφείλονται σε θερμοηλεκτρικά φαινόμενα. Τέλος η μέση διάμετρος των επαφών και το πάχος του δείγματος θα πρέπει να είναι πολύ μικρότερα από την απόσταση ανάμεσα στις επαφές.

6.5 Οπτικές Ιδιότητες

Οπτικές τεχνικές

Οι οπτικές τεχνικές διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Στις φασματοσκοπικές τεχνικές και στις μη φασματοσκοπικές. Οι τεχνικές αυτές οι οποίες σκοπό έχουν να αναδείξουν και να αναλύσουν τις οπτικές ιδιότητες διαφόρων υλικών και διατάξεων βασίζονται σε δύο παράγοντες:

- στην ικανότητα των διαφόρων ουσιών να εκπέμπουν ή να αλληλεπιδρούν με ακτινοβολίες χαρακτηριστικών συχνοτήτων
- και στη μέτρηση φασμάτων (μήκος κύματος, ισχύς – ένταση ακτινοβολίας κα.).

Οι φασματοσκοπικές τεχνικές, με τις οποίες θα ασχοληθούμε παρακάτω, με την σειρά τους χωρίζονται σε επιμέρους τομείς όπως:

- Υπεριώδους – ορατού (Ultraviolet – Visible, UV – Vis): Η συγκεκριμένη τεχνική βασίζεται στο γεγονός ότι η απορρόφηση ορατής ή υπεριώδους ακτινοβολίας προκαλεί μεταπτώσεις ηλεκτρονίων των εξωτερικών στοιβάδων. Η ακτινοβολία κυμαίνεται μεταξύ 200 – 800 nm.
- Υπερύθρου (Infra Red, IR): Η απορρόφηση υπερύθρου ακτινοβολίας προκαλεί διεγέρσεις δονήσεως, παραμορφώσεως και περιστροφής των δεσμών των μορίων.
- Πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού (Nuclear Magnetic Resonance, NMR): Με την συγκεκριμένη τεχνική πετυχαίνονται μεταβολές στην ενέργεια των πυρήνων.
- Raman κτλ.

Οι εφαρμογές κατά τις οποίες λαμβάνουν χώρα οι παραπάνω τεχνικές έχουν σαν σκοπό τον προσδιορισμό της δομής μιας ένωσης, τον ποιοτικό προσδιορισμό μιας ουσίας καθώς και την ποσοτική ανάλυση μιας ουσίας ή μίγματος ουσιών.

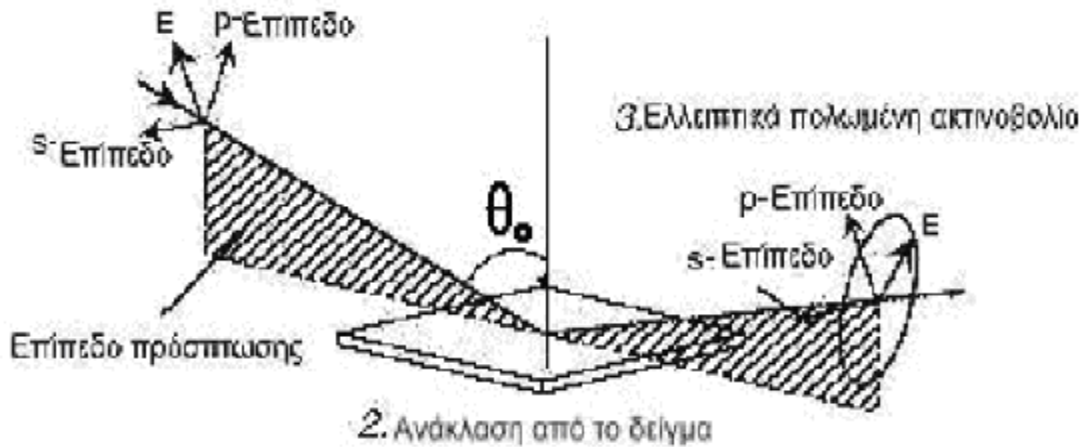
6.6 Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία (Spectroscopic Ellipsometry S.E.)

Γενικά:

Η Φασματοσκοπική ελλειψομετρία είναι μια τεχνική κατά την οποία προσεγγίζονται και χαρακτηρίζονται το πάχος και οι οπτικές ενδείξεις όλων των τύπων των λεπτών στρωμάτων (thin films) που βρίσκονται στο γυαλί ή στο πλαστικό υπόστρωμα, διατάξεων που αποτελούνται από λεπτά στρώματα. Χρησιμοποιείται επίσης για τον χαρακτηρισμό των υλικών και των πολυστρωματικών επιπέδων (multilayer structures) των οργανικών υλικών όπως των οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων.

Η αρχή λειτουργίας της φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας είναι ότι όταν μια πολωμένη δέσμη φωτός προσπίπτει υπό γωνία θ_0 στη επιφάνεια ενός υλικού μεταβάλλεται η πόλωσή της. Η πόλωση του φωτός περιγράφεται από δύο παραμέτρους: το σχετικό πλάτος των συνιστωσών του ηλεκτρικού πεδίου φωτός και τη σχετική τους φάση. Έτσι με την ελλειψομετρική τους μέτρηση προσδιορίζουμε δύο ανεξάρτητες μεταβλητές: τη μεταβολή του σχετικού πλάτους και τη μεταβολή της σχετικής φάσης.

1. Γραμμικά πολωμένη ακτινοβολία



6.6.1 Μεταβολή πόλωσης δέσμης φωτός κατά την πρόσπτωση της στην επιφάνεια κάποιου υλικού υπό γωνία θ_0

Η ελλειψομετρία είναι μια τεχνική που βασίζεται στη μέτρηση της μεταβολής πόλωσης του φωτός και στη συνέχεια εξάγει πληροφορίες για τις οπτικές και όχι μόνο ιδιότητες των υλικών. Το γεγονός ότι μελετά την κατάσταση πόλωσης και όχι την ένταση του ανακλώμενου φωτός, την καθιστά ως μια τεχνική υψηλής ακρίβειας, σχετικά ανεπηρέαστη από σφάλματα που μπορεί να οφείλονται σε ανεπιθύμητες διακυμάνσεις των φωτεινών πηγών ή σε σκέδαση του φωτός.

Χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία γνωστής πόλωσης στην υπό μελέτη επιφάνεια και ανιχνεύει την κατάσταση πόλωσης της ανακλώμενης δέσμης. Συνήθως η προσπίπτουσα ακτινοβολία είναι γραμμικά πολωμένη ενώ η ανακλώμενη είναι ελλειπτικά πολωμένη. Δεδομένα φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας μπορούν να ληφθούν από το υπεριώδες ως το άπω υπέρυθρο.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας είναι:

- Είναι μια οπτική τεχνική η οποία δεν είναι καταστρεπτική για το υπό εξέταση δείγμα.
- Επιτρέπει τον απευθείας προσδιορισμό του μιγαδικού δείκτη διάθλασης $n=n+ik$, με ταυτόχρονο υπολογισμό τόσο του πραγματικού όσο και του φανταστικού μέρους.

- Είναι ευαίσθητη ακόμη και σε κλίμακα του ενός μονοστρώματος (monolayer) για την μελέτη λεπτών υμενίων που αναπτύσσονται πάνω σε κάποιο υπόστρωμα.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε μια ποικιλία από μέσα όπως για παράδειγμα σε κενό, στον αέρα, διαφανή υγρά, αντιδρώντα αέρια και πλάσμα αερίου.
- Δεν απαιτεί ιδιαίτερες συνθήκες όσον αφορά τα υπό μελέτη υλικά, εκτός από το να είναι επίπεδα.

Κατά τα τελευταία χρόνια η ελλειψομετρία έχει αναπτυχθεί σημαντικά και έχει εφαρμοστεί σε πληθώρα επιστημονικών, τεχνολογικών και βιομηχανικών περιοχών. Οι πιο πρόσφατες πρόοδοι περιλαμβάνουν τους διαμορφωτές φάσης και νέα πολωτικά στοιχεία που επιτρέπουν την πραγματοποίηση μετρήσεων σε πολύ μικρά διαστήματα, σε μεγαλύτερες ενεργειακές περιοχές καθώς και ισχυρότερη υπολογιστική δύναμη για πραγματοποίηση πολύπλοκων αναλύσεων σε πραγματικό χρόνο. Η εξέλιξη στα συστήματα ανάλυσης και μέτρησης καθιστά πλέον δυνατή την ανάλυση μη ιδανικών συστημάτων όπως ανισότροπα υλικά, πορώδη υλικά, τραχείες επιφάνειες, σύνθετα υλικά κ.α..

Πιο συγκεκριμένα η τεχνική βρίσκει εφαρμογή στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Στο προσδιορισμό του δείκτη διάθλασης σε συνάρτηση με το μήκος κύματος.
- Στον ακριβή προσδιορισμό του δείκτη διάθλασης σε συνάρτηση με τόσο με το μήκος κύματος όσο και με το πάχος του layer και του χρόνου.
- Στον προσδιορισμό του πάχους ενός πολυστρωματικού (multilayer) δείγματος.
- Στον προσδιορισμό της τραχύτητας στην επιφάνεια και στην διεπιφάνεια ενός μέσου. Επίσης επιτρέπει τη μέτρηση σε πολλές γωνίες πρόσπτωσης της δέσμης που βρίσκει εφαρμογή σε ανομοιογενή και οπτικά ανισότροπα υλικά.
- Στη δυνατότητα μέτρησης ενός δείγματος σε πολλά σημεία αυτόματα και με υψηλή ταχύτητα επιτρέποντας τον έλεγχο της ομοιογένειας ενός υλικού.
- Στον υπολογισμό της σύστασης σύνθετων μειγμάτων μέσω της θεωρίας του ενεργού μέσου «effective medium theory».

Τα πρώτα ελλειψόμετρα περιορίζονταν στη φασματική περιοχή του υπεριώδους (UV) και χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη ημιαγωγικών υλικών και διατάξεων προσφέροντας μετρήσεις ακριβείας.

Η UV – Vis φασματοσκοπική ελλειψομετρία μελετά τις ηλεκτρονικές μεταπτώσεις ενός υλικού που εξάγονται από τη διηλεκτρική συνάρτησή του στη φασματική περιοχή $\sim 0.7 - 6.5$ eV. Με την ανάλυση των δεδομένων μπορούν να ληφθούν χρήσιμες πληροφορίες όπως οι παράμετροι των οπτικών μοντέλων, όπως n , k και το πάχος του μελετούμενου υμενίου. Επιπροσθέτως λόγω της ευαισθησίας της ΦΕ ακόμη και στη περίπτωση ενός μονοστρώματος μπορεί και παρέχει πληροφορίες για τις διαχωριστικές επιφάνειες μεταξύ των υλικών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η χρησιμοποίηση της φασματοσκοπικής ελλειψομετρίας για τον *in situ* και σε πραγματικό χρόνο (*real-time*) έλεγχο και των παραμέτρων που λαμβάνουν χώρα κατά την διαδικασία της ανάπτυξης των λεπτών υμενίων. Ωστόσο, οι μετρήσεις στην περιοχή UV δεν παρέχουν στοιχεία για τους τρόπους δόνησης των χημικών δεσμών ούτε και για τα είδη των χημικών δεσμών των υμενίων. Αυτό υπήρξε σημαντικό πρόβλημα στη μελέτη σύνθετων συστημάτων, όπως οι άμορφοι ημιαγωγοί ή στις διαδικασίες παραγωγής λεπτών υμενίων με την τεχνική της χημικής εναπόθεσης ατμών (CVD). Για το λόγο αυτό η τεχνική αυτή επεκτάθηκε με επιτυχία και στη φασματική περιοχή του υπερύθρου (IR).

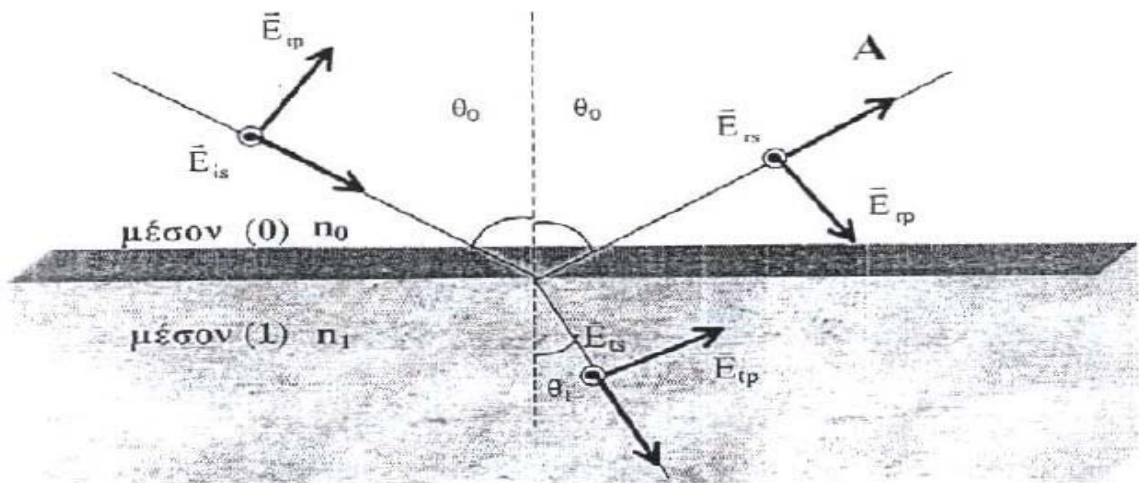


6.6.2 Μοντέρνο φασματοφωτόμετρο UV-VIS και καταγραφικό ηλεκτρονικό Σύστημα.

6.7 Βασικές αρχές της Φασματοσκοπικής Ελλειψομετρίας

Η διέλευση ενός ηλεκτρομαγνητικού επίπεδου κύματος διαμέσου ενός μη μαγνητικού μέσου μπορεί να περιγραφεί από το διάνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου \vec{E} που στην απλούστερη περίπτωση είναι ένα επίπεδο κύμα.

Στην περίπτωση πλάγιας πρόσπτωσης τα επίπεδα κύματα αναφέρονται σε ένα σύστημα συντεταγμένων (x, y, z) όπου z είναι η διεύθυνση διάδοσης του φωτός ενώ τα x και y καθορίζουν το επίπεδο στο οποίο το εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητικό κύμα ταλαντώνεται. Συνεπώς οι διευθύνσεις x και y είναι αυτές που είναι παράλληλες (p) και κάθετες (s) αντίστοιχα στο επίπεδο πρόσπτωσης. Τα πλάτη του ηλεκτρικού πεδίου E_p και E_s παριστάνουν τις προβολές του επίπεδου κύματος \vec{E} κατά μήκος των αξόνων x και y .



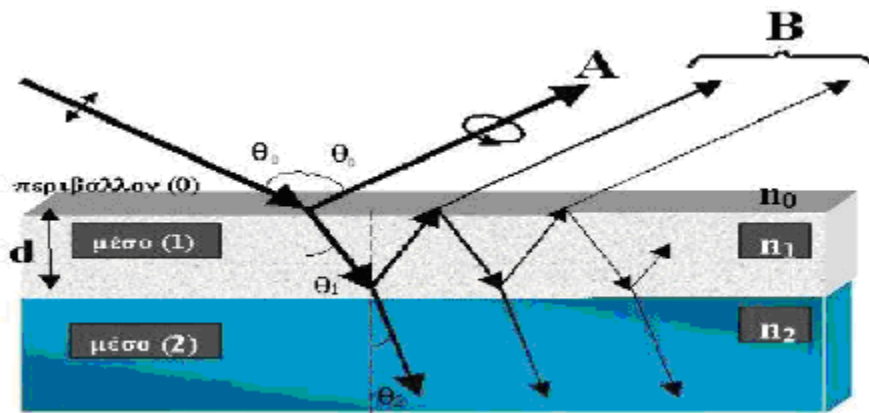
6.7.1 Ανάκλαση και διάθλαση των δύο συνιστωσών πόλωσης του φωτός p και s στην διεπιφάνεια μεταξύ δύο μέσων 0 και 1 .

Όταν μια δέσμη ακτινοβολίας προσπίπτει υπό γωνία θ_0 στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ δύο ισότροπων μέσων, αυτή ανακλάται υπό γωνία θ_0 ίση με αυτή της πρόσπτωσης και διαθλάται εντός του μέσου υπό γωνία θ_1 .

Η διεύθυνση p βρίσκεται πάνω στο επίπεδο πρόσπτωσης (parallel) και η διεύθυνση s (senkrecht) είναι κάθετη στο επίπεδο αυτό ονομάζονται ιδιοπολώσεις του οπτικού συστήματος. Κάθε πολωμένη δέσμη μπορεί να θεωρηθεί ως επαλληλία δύο ορθογώνιων γραμμικά πολωμένων κυμάτων και συνεπώς η κατάσταση πόλωσης της προσπίπτουσας και της ανακλώμενης δέσμης μπορεί να αναλυθεί στις διευθύνσεις p και s .

Στην περίπτωση των υλικών όγκου η διαθλώμενη δέσμη δεν μπορεί να ανακλαστεί στη πίσω επιφάνεια του μέσου (1) και απορροφάται. Όταν όμως το πάχος του μέσου (1) είναι μικρότερο από το βάθος διείσδυσης του φωτός στο μέσο αυτό, όπως στην περίπτωση των λεπτών υμενίων (Σχ. 6.2.2.2), τότε η δέσμη ανακλάται στη πίσω επιφάνεια του μέσου (1) που αποτελεί τη διαχωριστική επιφάνεια των μέσων (1) και (2). Επομένως διαδίδεται στο μέσο (1) και διαθλάται στο μέσο (0) με αποτέλεσμα

εκτός την απευθείας ανακλώμενη δέσμη (A) υπάρχουν και οι δέσμες (B) που προέρχονται από τις πολλαπλές ανακλάσεις της προσπίπτουσας δέσμης στις διαχωριστικές επιφάνειες μεταξύ των μέσων (0)-(1) και (1)-(2).



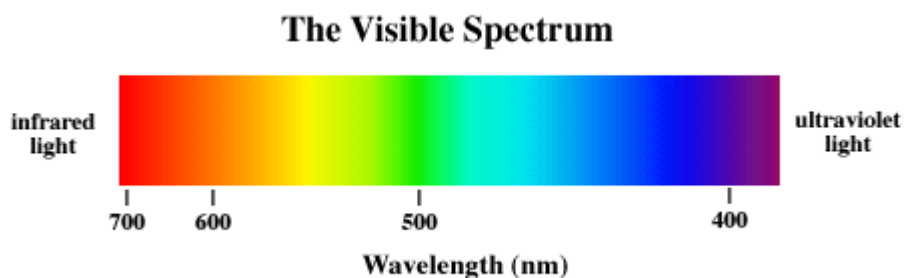
6.7.2 Ανάκλαση του φωτός σε ένα λεπτό υμένιο (1) πάχους d πάνω σε ένα υπόστρωμα (2)

6.8 Φασματοσκοπική Ελλειψομετρία Υπερύθρου (Infra Red, IR)

Γενικά:

Οι απορροφήσεις των δονητικών διεγέρσεων συμβαίνουν μεταξύ 5000 cm^{-1} (2000 nm) και 200 cm^{-1} (50000 nm). Μια οποιαδήποτε δόνηση μπορεί να περιγραφεί ως γραμμικός συνδυασμός των κανονικών τρόπων δόνησης ενός μορίου. Οι περισσότερες μεταβάσεις αποδίδονται σε έκταση (stretching) ή κάμψη (bending) κάποιου συγκεκριμένου δεσμού. Ένα IR φάσμα δίνει πληροφορίες σχετικά με την δομή μιας ένωσης λόγω του ότι κάθε λειτουργική ομάδα απορροφά υπέρυθη ακτινοβολία συγκεκριμένης συχνότητας. Σχεδόν κάθε ένωση που περιέχει ομοιοπολικούς δεσμούς απορροφά στο IR και μόνο οι συμμετρικοί δεσμοί δεν απορροφούν (για παράδειγμα ο δεσμός $\text{C}=\text{C}$ του $\text{CH}_2=\text{CH}_2$). Απορροφώντας την IR ακτινοβολία τα μόρια διεγείρονται σε μια υψηλότερη δονητική κατάσταση.

Η απορρόφηση είναι μια κβαντισμένη διαδικασία (quantized process), δηλαδή οποιαδήποτε δεδομένη δόνηση απορροφά μόνο σε μια συχνότητα (από 2-10 kcal/mol). Το IR φάσμα είναι μοναδικό για κάθε ένωση.



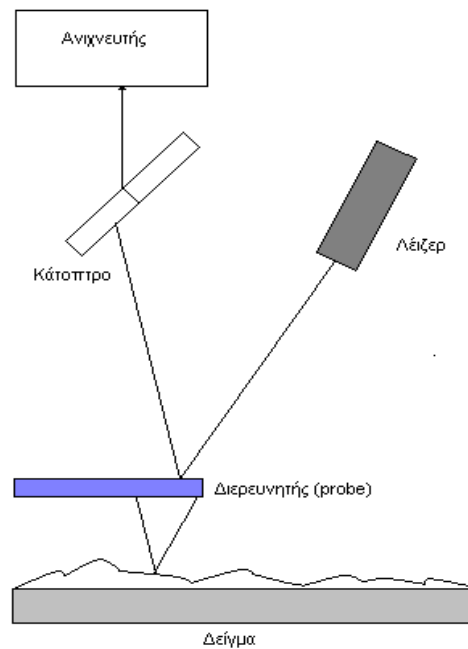
Υπεριώδες (Ultraviolet)	→	200 – 400 nm
Ορατό (Visible)	→	400 – 800 nm
Εγγύς υπέρυθρο	→	0.8 – 2.5 μm
Υπέρυθρο (Infra)	→	2.5 – 15 μm

6.8.1 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Δομικές Ιδιότητες

6.9 Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων (AFM)

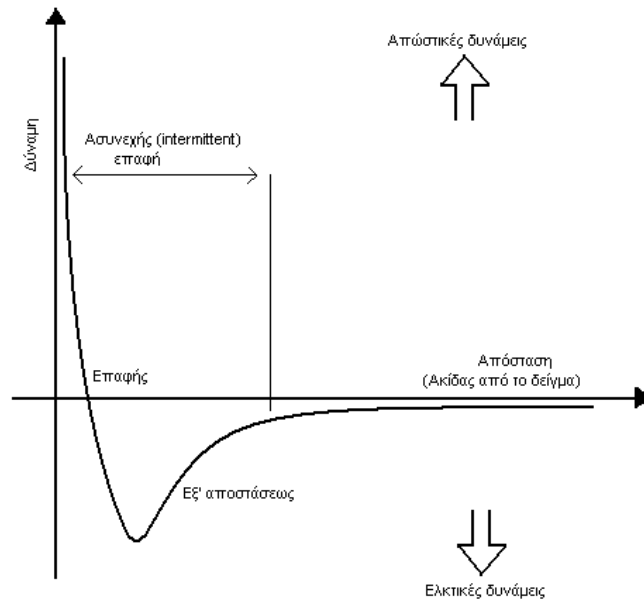
Στην τεχνική αυτή μία ακίδα προσεγγίζει την υπό εξέταση επιφάνεια μέχρι να έρθει σε επαφή με αυτήν και να δημιουργηθεί μία δύναμη στο σημείο επαφής (Σχήμα 6.8). Η ακίδα (tip) είναι πακτωμένη σε ένα βραχίονα (cantilever). Ανάλογα με τη δύναμη που δέχεται η ακίδα, ο βραχίονας υφίσταται αντίστοιχη κάμψη. Μία δέσμη λέιζερ η οποία προσπίπτει στην ανακλαστική πλευρά του βραχίονα ανακλάται ανάλογα με την παραμόρφωση του βραχίονα και προσπίπτει κάθε φορά σε διαφορετική θέση ενός φωτοανιχνευτή. Η ακμή του διερευνητή (probe) έχει μία ακτίνα καμπυλότητας μικρότερη από 10nm και μήκος από 3-15μm. Μείωση της ακτίνας καμπυλότητας οδηγεί σε αύξηση της λαμβανόμενης ανάλυσης. Όσο μικρότερη είναι η ακτίνα καμπυλότητας τόσο μεγαλύτερη είναι η λαμβανόμενη ανάλυση. Οι βραχίονες είναι συνήθως φτιαγμένοι από πυρίτιο και από νιτρίδιο του πυριτίου[6.10]



Σχήμα 6.9.1: Σχηματική αναπαράσταση του σαρωτικού μικροσκοπίου ατομικών δυνάμεων

Οι δυνάμεις που σχετίζονται με τη λειτουργία του AFM είναι οι δυνάμεις Van der Waals (διατομικές δυνάμεις). Η εξάρτηση των δυνάμεων Van der Waals σε σχέση με την απόσταση της ακίδας από το δείγμα φαίνεται στο σχήμα 6.9.2, βάση του οποίου μπορεί να γίνει κατανοητή η αρχή λειτουργίας του AFM.

Στη δεξιά πλευρά της καμπύλης του σχήματος 6.9.2 τα άτομα διαχωρίζονται λόγω της μεγάλης απόστασης τους. Καθώς τα άτομα πλησιάζουν αρχικά έλκονται ασθενώς. Αυτή η έλξη αυξάνεται έως τα άτομα πλησιάσουν τόσο κοντά ώστε τα ηλεκτρονικά τους νέφη αρχίζουν να απωθούν το ένα από το άλλο ηλεκτροστατικά.



Σχήμα 6.9.2: Αρχή λειτουργίας του AFM

Αυτή η ηλεκτροστατική άπωση μειώνει την ελκτική δύναμη όσο η μεταξύ τους απόσταση εξακολουθεί να μειώνεται. Η δύναμη αυτή μηδενίζεται όταν η μεταξύ των ατόμων απόσταση φθάνει τα μερικά Angstroms, απόσταση που ισοδυναμεί περίπου με το μήκος ενός χημικού δεσμού. Όταν η συνολική δύναμη Van der Waals γίνεται θετική απωθητική, τα άτομα βρίσκονται σε επαφή.

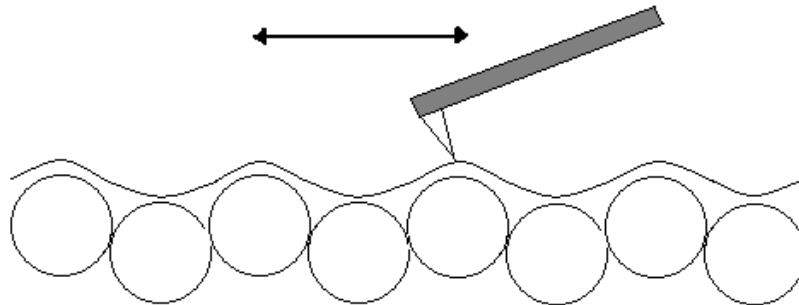
Στην περιοχή της επαφής ο βραχίονας βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη από μερικά Angstroms από την επιφάνεια του δείγματος και η ενδοατομική δύναμη μεταξύ του βραχίονα και του δείγματος είναι απωθητική. Στη περιοχή εξ' αποστάσεως ο βραχίονας βρίσκεται σε απόσταση μερικών δεκάδων έως εκατοντάδων Angstroms από την επιφάνεια του δείγματος και η ενδοατομική δύναμη μεταξύ του βραχίονα και του δείγματος είναι ελκτική (σε μεγάλο βαθμό ως συνέπεια της μεγάλης τάξης αλληλεπιδράσεις Van der Waals).

Το επαγόμενο κάθε φορά φωτόρευμα καταγράφεται σε έναν Η/Υ. Επειδή το μέγεθος της δύναμης, αλλά και η φύση της (ελκτική ή απωθητική) εξαρτώνται από τη φύση της ακίδας και του 'σημείου' επαφής, η καταγραφή του ρεύματος οδηγεί στην καταγραφή της τοπογραφίας της επιφάνειας [6.9.1].

Σημαντικό πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι η τοπογραφία του δείγματος, καθώς και οι τιμές της επιφανειακής τραχύτητας (surface roughness), μπορούν να προκύψουν χωρίς επεξεργασία ή κάποια επικάλυψη, οι οποίες μπορεί να αλλάξουν ή να προκαλέσουν ζημιά στο προς εξέταση υλικό. Επίσης η τεχνική βρίσκεται εφαρμογή σε κανονικό περιβάλλον, εντός υγρού ή σε υψηλό κενό, ενώ είναι δυνατή η απεικόνιση πολλών συστημάτων όπως quantum dots, πολυμερή, self-assembled monolayers, βιομόρια.

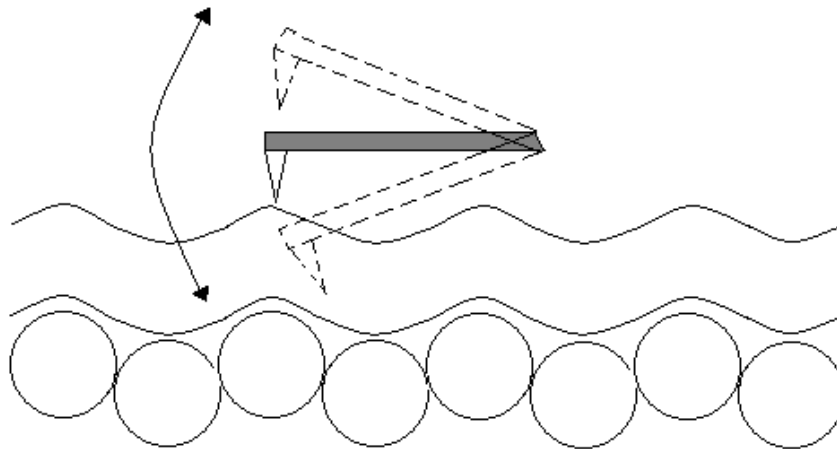
Οι τρόποι λειτουργίας του AFM, με κριτήριο την επαφή tip-δείγματος, διακρίνονται στους εξής :

- **Contact mode:** Το tip AFM σαρώνει την επιφάνεια με πολύ μικρές δυνάμεις και οι μετατοπίσεις του οφείλονται σε απωστικές μεταξύ του tip και των ατόμων τις επιφάνειας (σχήμα 6.9.3). Ένας ανιχνευτής (φωτοδίοδος) παρακολουθεί τις μετατοπίσεις του λέιζερ που ανακλάται λόγω των κινήσεων του tip του βραχίονα. Ένας βρόχος ανάδρασης διατηρεί τη συνεχή μετατόπιση του βραχίονα, μετακινώντας κάθετα το scanner, καθώς σαρώνει την επιφάνεια οριζόντια. Ένας Η/Υ αποθηκεύει την πληροφορία και προκύπτει μία εικόνα της τοπογραφίας της επιφάνειας με ατομική διακριτική ικανότητα. Οι δυνάμεις στο tip είναι πολύ μικρές (0.01-1.0 N/m στον αέρα) και δεν προκαλεί ζημιά σε μεταλλικές ή σκληρές πολυμερικές επιφάνειες.



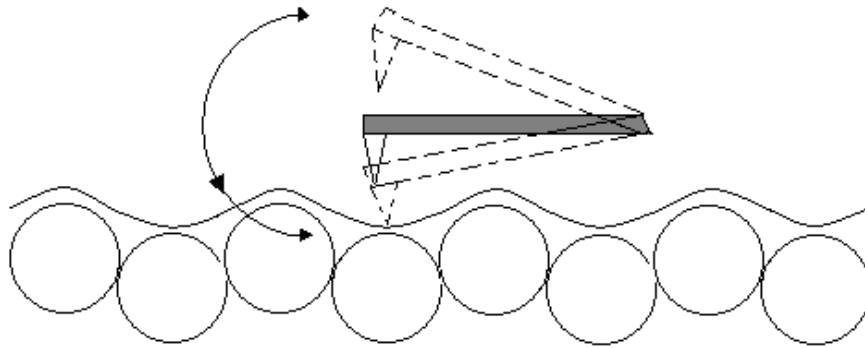
Σχήμα 6.9.3: Contact mode AFM: Το tip βρίσκεται σε συνεχή επαφή με την επιφάνεια του δείγματος. Λόγω της συνεχούς επαφής δείγματος-tip, οι δυνάμεις συνάφειας (shear forces) πιθανόν να βλάψουν τα ασθενώς συνδεδεμένα μόρια (π.χ. πρωτεΐνες) που προσροφώνται στα βιοϋλικά. Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι η μεγάλη διακριτική ικανότητα.

- Non contact mode:** Στην περίπτωση αυτή (σχήμα 6.9.4) μετρώνται ελκτικές μάλλον, παρά απωστικές δυνάμεις. Το tip ταλαντώνεται ακριβώς επάνω και κάθετα προς την επιφάνεια του δείγματος με πλάτος μικρότερο από 10nm. Όπως και στο contact mode, η φωτοδίοδος ανιχνεύει τις μετατοπίσεις του λέιζερ που ανακλάται από τις κινήσεις του tip του βραχίονα. Ο βρόχος ανάδρασης διατηρεί συνεχώς το πλάτος ή τη συχνότητα ταλάντωσης, καθώς ο scanner κινείται οριζόντια ως προς το δείγμα. Ο H/Y αποθηκεύει την πληροφορία και προκύπτει η εικόνα τοπογραφίας της επιφάνειας του δείγματος, αυτή τη φορά όμως με μικρότερη διακριτική ικανότητα .



Σχήμα 6.9.4: Non contact mode AFM: Το tip τοποθετείται σε πεδίο ελκτικών δυνάμεων (π.χ. ελκτικές δυνάμεις Van der Waals) και ανιχνεύονται οι διαβαθμίσεις των δυνάμεων. Οι ελκτικές δυνάμεις είναι συνήθως μικρές συγκριτικά με τις απωστικές δυνάμεις. Οι διαβαθμίσεις των δυνάμεων μπορούν να ανιχνευτούν είτε από αλλαγές στη συχνότητα συντονισμού του βραχίονα (cantilever) ή από το πλάτος και τη φύση του. Τα πλεονεκτήματα της τεχνικής αυτής είναι η μεγάλη ευαισθησία στις μετρήσεις των διαβαθμίσεων και οι μικρές τιμές των δυνάμεων που εφαρμόζονται στο δείγμα.

- Tapping mode:** Εδώ, ο βραχίονας ταλαντώνεται κοντά ή ακριβώς στη συχνότητα συντονισμού του και ακουμπάει ελαφρά την επιφάνεια του δείγματος με πλάτος 20-100 nm (σχήμα 6.9.5). Το tapping mode έχει το πλεονέκτημα της μεγάλης διακριτικής ικανότητας, όπως και το contact mode, αλλά δεν είναι καταστροφικό, εφόσον εκλείπουν οι πλευρικές δυνάμεις τριβής που εφαρμόζονται στο δείγμα και μπορούν ακόμα και να το καταστρέψουν.



Σχήμα 6.9.5: *Tapping mode AFM*: Το *tip* ταλαντώνεται με τυπική συχνότητα 25kHz. Εφόσον το *tip* δεν είναι σε επαφή με το δείγμα κατά την πλευρική κίνηση στη διάρκεια της σάρωσης, οι δυνάμεις συνάφειας (*shear forces*) που εφαρμόζονται στο δείγμα από το *tip* είναι αμελητέες. Όπως και στο *contact mode*, έτσι και το *tapping mode* παρέχει πληροφορίες για την τοπογραφία του δείγματος. Επίσης στην απεικόνιση φάσης (*phase imaging*) φαίνονται διαφορές στην ιξωδοελαστικότητα των υλικών, λόγω διαφορετικών υστερήσεων στο συντονισμό του βραχίονα, οι οποίες σχετίζονται με το σήμα που στέλνεται στον πιεζοηλεκτρικό «οδηγό» του βραχίονα.

7. Τεχνικές εναπόθεσης λεπτών υμενίων από διαλύματα

7.1 Τεχνική Wet-Coating

Γενικές παρατηρήσεις και τεχνική Spin coating

Δεδομένου ότι τα πολυμερή σώματα διασυνδέονται ή αποσυνδέονται όταν θερμαίνονται, δεν μπορούν να εξατμιστούν με την επίδραση θέρμανσης σε θάλαμο εν κενό (στην περίπτωση των PPVs η γρήγορη φωτο-οξειδωση είναι ένα επιπρόσθετο πρόβλημα καθώς ακόμα και οι υπόλοιπες ποσότητες οξυγόνου οδηγούν σε σημαντική απόσβεση εκπομπής). Ως εκ τούτου γενικά γίνεται κατάθεση σε υγρό επίστρωμα μιας λεπτής ταινίας από ένα διάλυμα που τα περιέχει. Αυτό εντούτοις επιβάλλει περιορισμούς στη φύση των πολυμερών σωμάτων και των χημικών ομάδων που συνδέονται με την πολυμερή σπονδυλική στήλη, δεδομένου ότι το πολυμερές σώμα πρέπει να είναι διαλυτό. Για παράδειγμα τα μη αντικατεστημένα PPV είναι αδιάλυτα.

Ως εκ τούτου η κατασκευή τους σε μεγάλο βαθμό γίνεται με την τεχνική spin coating όπου ένα διαλυτό πολυμερές σώμα προδρόμων τοποθετείται επάνω στο επιθυμητό υπόστρωμα (συνήθως ITO). Οι πρόδρομοι αυτοί των πολυμερικών στρωμάτων μετατρέπονται σε ενώσεις PPV με θέρμανση σε θερμοκρασία $150 \leq T \leq 250$ °C για περίπου 24 ώρες. Όσο αυτή η διαδικασία μετατροπής λαμβάνει χώρα και αποδίδει αδιάλυτο στρώμα από PPV, επιπρόσθετα στρώματα μπορούν να τοποθετηθούν με την τεχνική spin coating. Παρόλα αυτά όταν το διαλυτό παράγωγο PPV επεξεργαστεί με τη τεχνική spin coating, μόνο οι διαλύτες που έχουν διαλυθεί στο τοποθετημένο στρώμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τοποθετηθούν πρόσθετα στρώματα.

Κατά αυτόν τον τρόπο ο Gustaffon et al. κατασκεύασαν εύκαμπτα PLEDs με επακόλουθες χρήσεις της τεχνικής spin coating ενός υδατοειδούς διαλύματος ευδιάλυτο στο νερό με διαφανή πολύ-ανιλίνη (polyaniline) σε διάφανο διάλυμα MEH-PPV.

Παρόλο που το πάχος των στρωμάτων που δημιουργούνται από την τεχνική του spin coating μπορεί να ελεγχθεί είτε με τη συγκέντρωση του πολυμερούς υλικού στο διάλυμα, είτε από την ταχύτητα περιστροφής, είτε από την θερμοκρασία κατά την περιστροφή, είναι δύσκολο να κατασκευαστεί λεπτό στρώμα καθώς και το ότι προφανώς το πάχος δεν μπορεί να ελεγχθεί κατά την τοποθέτηση.

Η τεχνική της περιστροφής (spin coating) είναι μια εδραιωμένη διαδικασία στο κλάδο των ημιαγωγών και της παρασκευής οθονών (displays), ευρέως διαδεδομένη στη τεχνική της φωτολιθογραφίας του πυριτίου του ITO και της διαδικασίας παραγωγής οθονών υγρού κρυστάλλου. Όμως υπάρχουν περιπτώσεις

που δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί όπως για μεγάλου μεγέθους μονές επίπεδες απεικονίσεις (displays) κατά τις οποίες γίνεται επικάλυψη ενός γρήγορου πλέγματος με την διαδικασία *role to role*, διαδικασία που επιθυμείται κατά την κατασκευή εύκαμπτων οθονών (displays). Ένας επίσης σημαντικός περιορισμός της τεχνικής περιστροφής (spin coating) είναι το ότι δε παρέχει την δυνατότητα για δημιουργία πρότυπων οθονών πλήρους χρώματος (full-color displays). Η όλη επιφάνεια του υποστρώματος καλύπτεται με πολυμερές υλικό που μπορεί να εκπέμψει φως και οι συσκευές δημιουργούνται μέσω πρότυπης καθόδου.

7.2 Τεχνική Doctor Blade

Η τεχνική του Doctor Blade ή Tape Casting βασίζεται στην επάλειψη του στρώματος του διαλύματος που περιέχει το ευδιάλυτο πολυμερές σε ομοιόμορφο πάχος πάνω στο υπόστρωμα χρησιμοποιώντας λεπίδα ακρίβειας (Doctor Blade). Σε αντιπαράθεση με την τεχνική της περιστροφής (spin coating) η τεχνική Doctor Blade είναι πολύ ωφέλιμη στην κατασκευή λεπτών στρωμάτων αλλά δεν είναι ικανή να κατασκευάσει στρώματα πάχους μικρότερα του μεγέθους των 100nm τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα οργανικά LEDs (OLEDs).

Η τεχνική Doctor Blade ή Tape Casting είναι μια από τις πιο διαδεδομένες τεχνικές για την παραγωγή λεπτών στρωμάτων υλικών τοποθετημένες πάνω σε μεγάλου μεγέθους επιφάνειες. Είναι μια κατά αναλογία διαδικασία η οποία αναπτύχθηκε αρχικά κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1940 σαν μια μέθοδος εφαρμογής λεπτών φύλλων-στρωμάτων σε πιεζοηλεκτρικά υλικά και πυκνωτές και στην εποχή μας είναι μια αποδεκτή για την ακρίβειά της μέθοδος επίστρωσης.

Μια πατέντα, η οποία κυκλοφόρησε στο ευρύ κοινό το 1952, εστίαζε στη χρήση υδατοειδών και μη υδατοειδών υλικών ασβεστογάλατος (slurry) τοποθετημένα σε κινούμενη επιφάνεια με την χρήση συσκευής η οποία υπόκειντο στη τεχνική Doctor Blade. Στη διαδικασία του Doctor Blade ένα πολύ καλά ανακατεμένο ασβεστόγαλα το οποίο απαρτίζεται από αναστολείς από κεραμικά μόρια μαζί με άλλες προσθήκες όπως συνδετικά υλικά, διαλύτες ή και άλλα υλικά, τοποθετούνται πάνω στο υπόστρωμα μεταξύ αυτού και της λεπίδας. Όταν μια σχετικά σταθερή κίνηση εφαρμόζεται μεταξύ της λεπίδας και της επιφάνειας το ασβεστόγαλα επαλείφεται στην επιφάνεια και σχηματίζει ένα λεπτό στρώμα το οποίο μετά από θέρμανση δημιουργείται το επιθυμητό στρώμα. Η μέθοδος αυτή έχει την δυνατότητα με αύξηση της ταχύτητας της λεπίδας για διάφορα μέτρα ανά λεπτό και είναι κατάλληλο για επίστρωση σε επιφάνειες με μεγάλο εύρος ποικιλίας σε ότι αφορά το πάχος υγρών στρωμάτων με όρια από 20 έως μερικών εκατοντάδων εκατομμυριοστούμετρων. Υπάρχουν δύο γενικά διαφορετικές συσκευές επίστρωσης που χρησιμοποιούνται για αυτή τη τεχνική: η συσκευή Doctor Blade και η συσκευή που επιστρώνει με ελικοειδή κίνηση (Spiral film applicator).

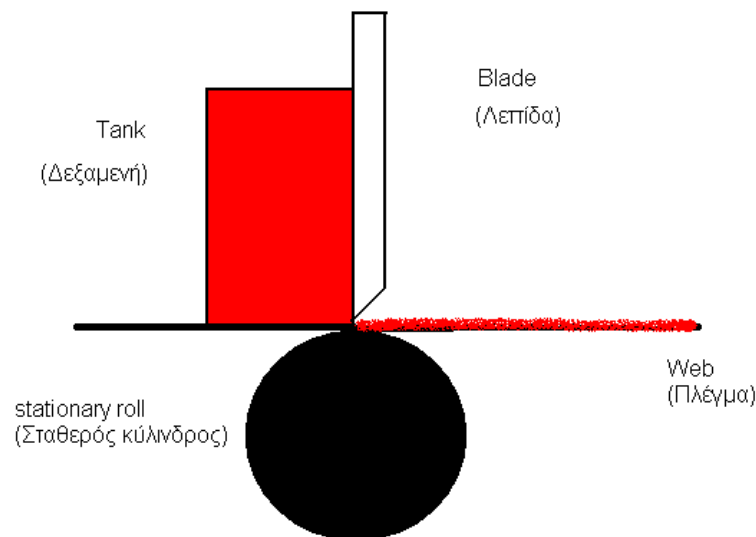
7.3 Doctor Blade (Frame) – Συσκευή Doctor Blade για πλαισίωμα κορνίζας

Αυτό το είδος της συσκευής Doctor Blade χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ένα ταμιευτήρα (reservoir). Το στρώμα έχει σχηματιστεί από την λεπίδα του μηχανήματος η οποία είναι είτε σταθερή όταν χρησιμοποιείται με κινούμενη υπέρβαρη επιφάνεια ή με πλαίσιο το οποίο κινείται κατά μήκος σταθερής υπέρβαρης επιφάνειας.

Το πάχος του στρώματος μπορεί να μετρηθεί ρυθμίζοντας το χάσμα μεταξύ της λεπίδας και του υποστρώματος πάνω στο οποίο είναι τοποθετημένο το στρώμα από το εκάστοτε υλικό.

Υπάρχει επίσης και η συσκευή Doctor Blade με διπλή λεπίδα (Dual Doctor Blade machine). Είναι μια παραλλαγή της κοινής μηχανής η χρησιμοποίηση της οποίας παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια σε ότι αφορά τον έλεγχο του πάχους των υγρών στρωμάτων που δημιουργούνται από το εκάστοτε υλικό.

Η τεχνική Doctor Blade χρησιμοποιείται επίσης για την επίστρωση λεπτών ελασμάτων (επιφανειών) με υγρά υλικά επίστρωσης. Σε αυτή την περίπτωση η λεπίδα τοποθετείται κατά πλάτος ενός κυλίνδρου και το πλέγμα (επιφάνεια) κινείται κάτω από την λεπίδα.



7.3.1 Doctor blade frame

Το χάσμα μεταξύ της λεπίδας και της επιφάνειας πάνω στην οποία τοποθετείται του υλικό, στην περίπτωσή μας το πολυμερές υλικό, μπορεί να ρυθμιστεί με μεγάλη ακρίβεια από τα σημεία εκείνα της συσκευής που υποβαστούν την λεπίδα (holders) με ακρίβεια της τάξης του +/- 10 μm. Η

δεξαμενή η οποία χρησιμοποιείται για την αποθήκευση του υλικού επίστρωσης (reservoir) μπορεί να γεμίζει με την βοήθεια μιας αντλίας που λειτουργεί συνεχόμενα, μέθοδος κατά την οποία αποφεύγονται οι φυσαλίδες στη δεξαμενή αποθήκευσης (reservoir).

7.4 Tape Casting – Doctor Blade technique

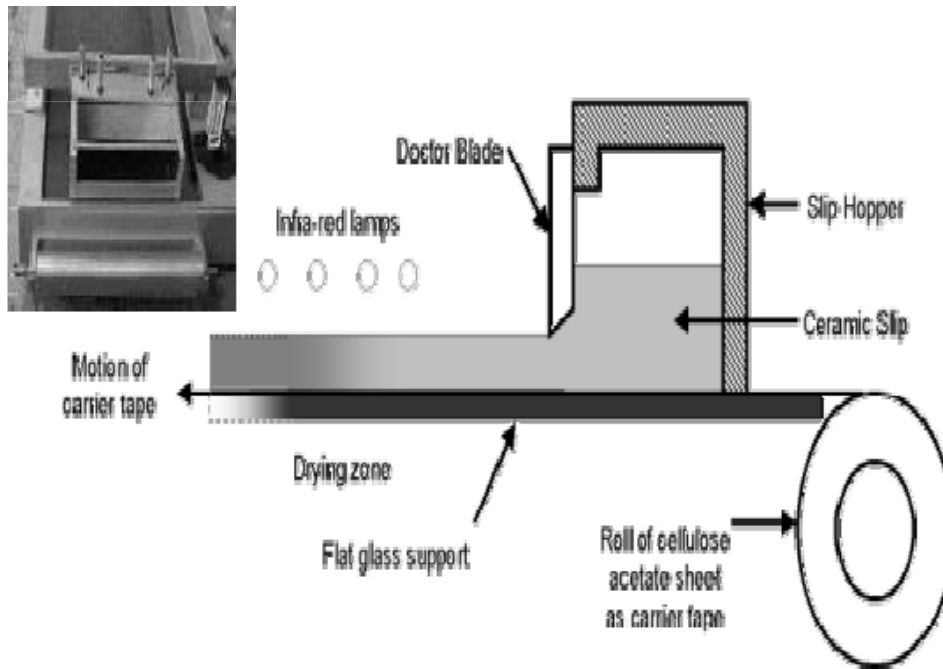
Η τεχνική αυτή είναι μια διαδικασία κατά την οποία δημιουργούνται λεπτά στρώματα από εύκαμπτη ταινία - επιφάνεια η οποία περιέχει σύνθεση από κεραμικά ή και όχι υλικά. Είναι μια κοινή τεχνική εναπόθεσης λεπτών υμενίων, υποστρώματων, στον τομέα των ηλεκτρονικών, κυρίως σε ότι αφορά διατάξεις με υποστρώματα που περιέχουν ημιαγώγιμα υλικά καθώς και στη δημιουργία πολυστρωματικών πυκνωτών.

Είναι πολύ δύσκολο, αν όχι ακατόρθωτο, να δημιουργηθούν πολύ λεπτά κεραμικά κομμάτια με τις παραδοσιακές μεθόδους όπως ασκώντας πίεση σε στεγνό υλικό ή με εξαγωγή με συμπίεση.

Η βασική διαδικασία της τεχνικής Doctor Blade ή Tape Casting συνίσταται στη δημιουργία ενός λεπτού, συνεχούς στρώματος από κεραμικό ή άλλου είδους υλικό το οποίο γλιστρά πάνω στην επιφάνεια του υποστρώματος και αφαιρώντας το υγρό στοιχείο δημιουργεί ένα λεπτό στρώμα κεραμικής σύνθεσης – διάταξης. Τα υγρά που χρησιμοποιούνται για την προσωρινή αναστολή των κεραμικών υλικών τυπικά αποτελούνται από οργανικούς διαλύτες και όχι από νερό. Ένα πολυμερικό συνθετικό υλικό επίσης χρησιμοποιείται για να δώσει την απαιτούμενη δύναμη στο στρώμα. Από τότε που η όλη διαδικασία δεν βασίζεται από την απορρόφηση φορέων υγρού από πορώδες υλικό, το υγρό μπορεί να εξατμιστεί. Επειδή τα στρώματα είναι πολύ λεπτά καμιά ανωμαλία στην επιφάνεια ή φυσαλίδες μπορούν να ανεχτούν. Η χρήση του διαλύτη μπορεί σε μεγάλο βαθμό να αυξήσει την ανακούφιση των ατελειών της διαδικασίας, την λεπτότητα, την συνέχεια του υλικού κατά την διαδικασία και τη σταθερότητα του στρώματος. Πρόσφατα, υπήρξαν περιβαντολλογικές πιέσεις και πιέσεις από υγειονομικούς φορείς για να χρησιμοποιηθεί το νερό σαν το υγρό μέσο και η ανάπτυξη της τεχνικής κινήθηκε προς αυτή τη κατεύθυνση. Τα λεπτά στρώματα εύκολα κατασκευάζονται με την τεχνική Doctor Blade.

Με βάση αυτή την τεχνική το στρώμα δημιουργείται με την χρησιμοποίηση μιας επίπεδης λεπίδας η οποία τοποθετείται ελαφρώς πάνω από την επιφάνεια στην οποία έχει τοποθετηθεί το υλικό εναπόθεσης. Μια δεξαμενή η οποία περιέχει το υλικό εναπόθεσης τοποθετείται δίπλα από τη λεπίδα έτσι ώστε το υλικό εναπόθεσης να διαχέεται στο χάσμα μεταξύ λεπίδας και υποστρώματος. Καθώς ο μηχανισμός που κινεί και που κρατά την λεπίδα κινείται κατά μήκος του

υποστρώματος, που μπορεί να είναι γυαλί ή εύκαμπτη επιφάνεια από κάποιο άλλο υλικό, επαλείφει το υλικό επίστρωσης ομοιόμορφα.



7.4.1 Tape casting

Στην παραγωγή τυπικά ένα μακρύ κομμάτι από Mylar τοποθετείται κάτω από τη λεπίδα έτσι ώστε το κεραμικό στρώμα να βρίσκεται από πάνω του, ο διαλύτης εξατμίζεται και συλλέγεται για να ξαναχρησιμοποιηθεί. Στη συνέχεια το κεραμικό στρώμα με το Mylar τυλίγεται για αποθήκευση πριν χρησιμοποιηθεί σε μεταγενέστερα βήματα κατασκευής. Με τα κατάλληλα συνδετικά υλικά το στρώμα – ταινία αποκτά δυναμική αντοχή και μπορεί να κοπεί σε μια ποικιλία γεωμετρικών κομματιών. Το πιο κοινό συνδετικό υλικό είναι η πολύ-βινυλοβουτυρόλη, poly(vinyl butyral).

Οι τυπικές μηχανές που εφαρμόζουν την τεχνική Doctor Blade έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν στρώματα υλικού, πάχους μεταξύ 12 μm και πάνω από 3mm. Στην πράξη έχουν δημιουργηθεί για διάφορες εφαρμογές και διατάξεις με λεπτότερο πάχος υλικού της τάξης του 5 μm .



7.4.2 Μηχανή Doctor Blade βιομηχανικής κλίμακας

Μεταλλικοί αγωγοί μπορούν να ενσωματωθούν στο στρώμα-ταινία. Τα στρώματα από τις ταινίες αυτές μπορούν να συναρμολογηθούν σε πολλαπλά κομμάτια όπως μέρος πυκνωτών ή ηλεκτρονικών διατάξεων.

Οι πιο κοινές διατάξεις περιλαμβάνουν αλουμινένιο υπόστρωμα, πυκνωτές από βάριο και τιτάνιο, συσχετιζόμενα μεταξύ τους και μεμβράνες από πολυμερικά υλικά για την δημιουργία μπαταριών λιθίου. Πρόσφατα αναπτύσσεται η χρήση νανοτεχνολογίας έτσι ώστε να δημιουργούνται λεπτότερα στρώματα.





7.4.3,7.4.5 Τύποι μηχανών Doctor Blade

8. Κατασκευαστικό Μέρος

Υλικά κατασκευής

Για την υλοποίηση αυτής τις κατασκευής τα υλικά που χρησιμοποιήσαμε είναι τα εξής:

- 1 έμβολο αέρος για οριζόντια κίνηση.(8.1)
- 1 έμβολο αέρος για κάθετη κίνηση.(8.2)
- 1 έμβολο φρένου.(8.3)



Εικόνα 8.1



Εικόνα 8.2



Εικόνα 8.3

Για να μπορέσουν να λειτουργήσουν τα παραπάνω έμβολο χρειαζόμαστε επίσης:

- 1 ρυθμιστή φρένου λαδιού(8.4)
- 1φυάλη λαδιού(8.5)
- 1 ρυθμιστής πίεσης ,φίλτρο και λιπαντήρας(8.6)
- 3 ηλεκτροβαλβίδες και 1 πλαίσιο στήριξης βαλβίδων(8.7)
- 1 αλουμινένια βάση(8.8)



Εικόνα 8.4



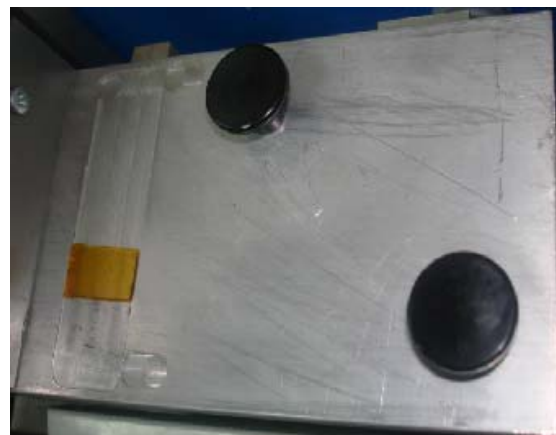
Εικόνα 8.5



Εικόνα 8.6



Εικόνα 8.7



Εικόνα 8.8

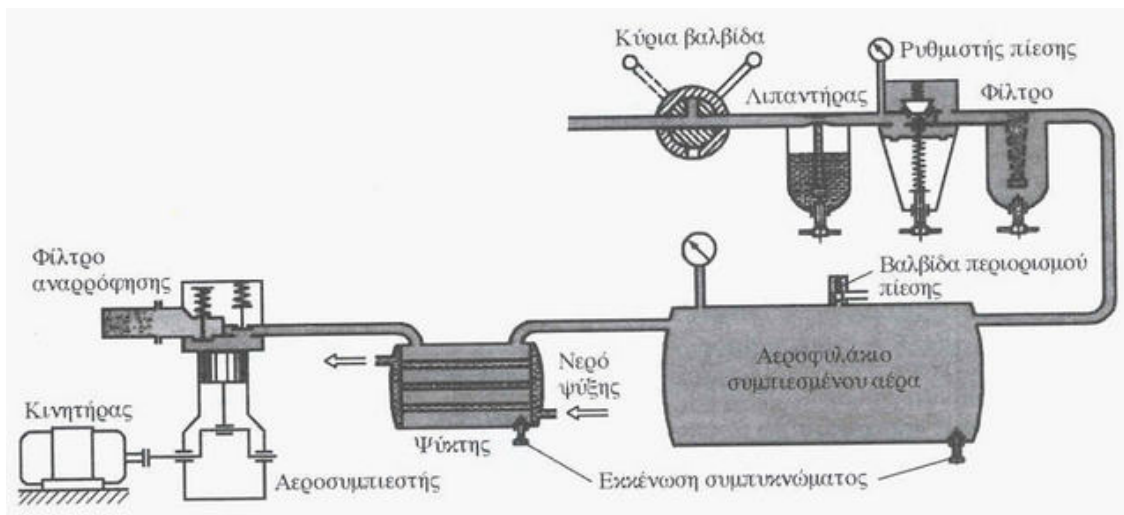
8.1 Λειτουργία

Οι πνευματικοί αυτοματισμοί είναι συστήματα που χρησιμοποιούν τον πεπιεσμένο αέρα για τη λειτουργία μηχανημάτων και εξαρτημάτων.

Χρησιμοποιούν εκτός από τον αέρα και ηλεκτρικό ρεύμα. Η παραγωγή του πεπιεσμένου αέρα γίνεται με μηχανές που ονομάζονται αεροσυμπιεστές. Οι αεροσυμπιεστές συμπιέζουν τον αέρα για να αποκτήσει την πίεση που απαιτείται για την λειτουργία των εξαρτημάτων. Ο πεπιεσμένος αέρας οδηγείται με σωληνώσεις σε αεροθάλαμο, όπου και αποθηκεύεται.

Τα κυριότερα μέρη μιας μονάδας παραγωγής πεπιεσμένου αέρα είναι:

- α) Ο αεροσυμπιεστής, που μπορεί να είναι εμβολοφόρος ή ροής
- β) Ο Ηλεκτρικός κινητήρας, που μπορεί να είναι μονοφασικός ή τριφασικός
- γ) Το Αεροφυλάκιο, που είναι κατασκευασμένο από χάλυβα και έχει κυλινδρική μορφή, για να αντέχει σε εσωτερικές πιέσεις



Εικόνα 8.1.1 Πνευματικός αυτοματισμός

Κύρια μέρη μιας συσκευής προπαρασκευής πεπιεσμένου αέρα είναι το φίλτρο, ο ρυθμιστής πίεσης και ο λιπαντήρας.



Εικόνα 8.1.2 Ρυθμιστής πίεσης ,φίλτρο και λιπαντήρας

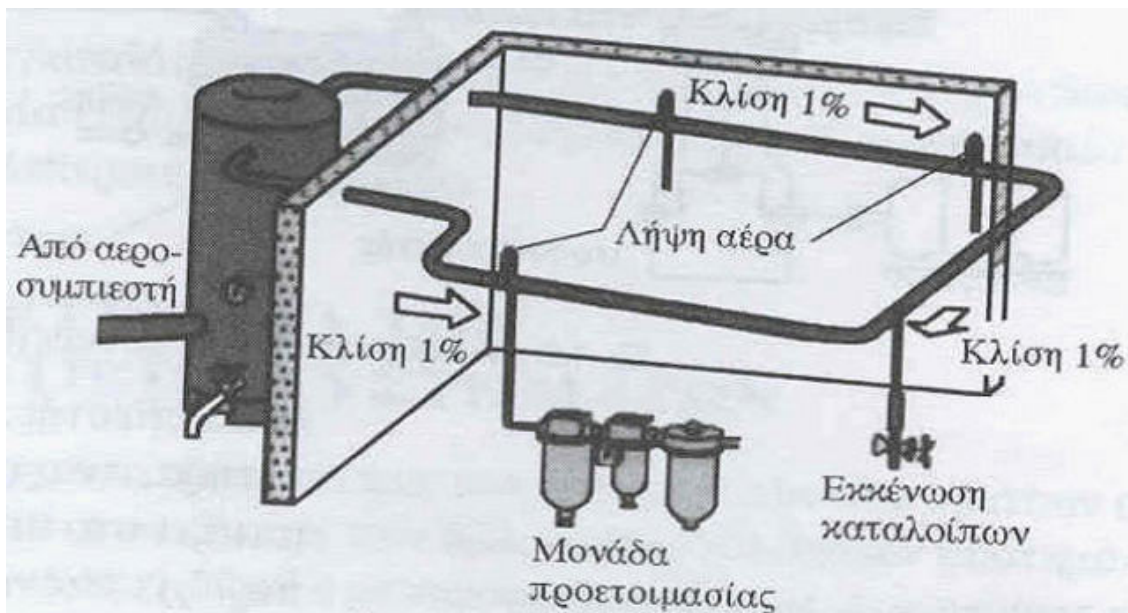
Το φίλτρο χρησιμοποιείται για να απομακρυνθεί κάθε ξένη ουσία που βρίσκεται στον πεπιεσμένο αέρα.

Ο ρόλος του ρυθμιστή πίεσης είναι να διατηρεί σταθερή την πίεση λειτουργίας του κυκλώματος.

Σκοπός του λιπαντήρα είναι να λιπαίνει κατάλληλα τον αέρα για να περιορίζει τη φθορά των κινούμενων μερών μειώνοντας της τριβές της. Σε βιομηχανικές εφαρμογές εκτός από τη γενική προπαρασκευή του αέρα γίνεται και τοπική προπαρασκευή για την κατάλληλη τροφοδοσία κάθε μηχανήματος.

8.2 Διανομή πεπιεσμένου αέρα

Ο πεπιεσμένος αέρας στη βιομηχανία παράγεται και αποθηκεύεται σε κεντρικό σημείο (αεροθάλαμος) και οδηγείται με σωληνώσεις της καταναλώσεις. Κατά την εγκατάσταση του δικτύου πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση των σωληνώσεων. Οι σωληνώσεις πρέπει να τοποθετούνται με κλίση 1% με χαμηλότερο σημείο της το μέρος του αεροσυμπιεστή. Έτσι αποφεύγεται η μεταφορά της υγρασίας, που έχει συμπυκνωθεί της σωληνώσεις, της καταναλώσεις. Για την αποστράγγιση του δικτύου των σωληνώσεων στο χαμηλότερο σημείο της εγκατάστασης τοποθετείται ειδικός θάλαμος με βάνα στο κάτω σημείο. Οι σωληνώσεις είναι κατασκευασμένες από χαλκό ή από χάλυβα.



Εικόνα 8.2.1 Διανομή πεπιεσμένου αέρα

8.2.1 Πλεονεκτήματα των πνευματικών συστημάτων

- 1.Εύκολη μεταφορά του αέρα με σωληνώσεις εκεί που θέλουμε.
- 2.Χαμηλό κόστος παραγωγής του πεπιεσμένου αέρα.
- 3.Ρυθμιζόμενη ταχύτητα κίνησης των εμβόλων.
- 4.Δεν απαιτείται αγωγός επιστροφής του αέρα.
- 5.Ο αέρας αποθηκεύεται.
- 6.Τα εργαλεία, και γενικά τα έμβολα μπορούν να υπερφορτωθούν χωρίς να υποστούν οποιαδήποτε ζημιά.

8.3 Ηλεκτροβάνες

Οι ηλεκτροβάνες ανοίγουν και κλείνουν την παροχή αέρα, σε ένα δίκτυο σωλήνων. Το δίκτυο έχει συνήθως έναν κεντρικό αγωγό. Σε αυτόν συνδέονται οι ηλεκτροβάνες. Από κάθε μία ηλεκτροβάνη ξεκινάει ένας δευτερεύων αγωγός, ο οποίος, αναλόγως τι θέλουμε να τροφοδοτήσουμε, έχει διάφορα στοιχεία. Με τις ηλεκτροβάνες ελέγχουμε σε ποιο τμήμα του δικτύου και πότε διοχετεύουμε αέρα.

Κάθε ηλεκτροβάνη είναι εφοδιασμένη με ένα πηνίο. Το πηνίο οπλίζει με την διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσης (24 Volt ή 9 Volt), από τον προγραμματιστή. Οπλίζοντας το πηνίο ανοίγει η ηλεκτροβάνη.



Εικόνα 8.3.1 Ηλεκτροβάνες

8.4 Ηλεκτροπνευματικά κυκλώματα

Στα ηλεκτροπνευματικά κυκλώματα, το κύκλωμα ελέγχου είναι ηλεκτρικό και το κύκλωμα ενέργειας πνευματικό. Στο ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου, χρησιμοποιούνται διακόπτες, ηλεκτρονόμοι, αισθητήρες, προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές και άλλα. Όλα αυτά ελέγχουν συνήθως έναν ηλεκτρομαγνήτη, που βρίσκεται πάνω στο σώμα της βαλβίδας.

Όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρομαγνήτης, ενεργοποιεί και τη βαλβίδα. Το ηλεκτρικό κύκλωμα ελέγχου σχεδιάζεται ξεχωριστά, όπως επίσης και το πνευματικό κύκλωμα.

8.5 Ηλεκτρολογικό μέρος

Το ηλεκτρολογικό μέρος της κατασκευής μας αποτελείται από τα εξής υλικά:

- 1 μετασχηματιστή 24V(8.5.1)
- 1 μετατροπέα AC/DC(8.5.2)
- 3 τερματικά(8.5.3)
- 1 PLC(8.5.4)



Εικόνα 8.5.1



Εικόνα 8.5.2



Εικόνα 8.5.3



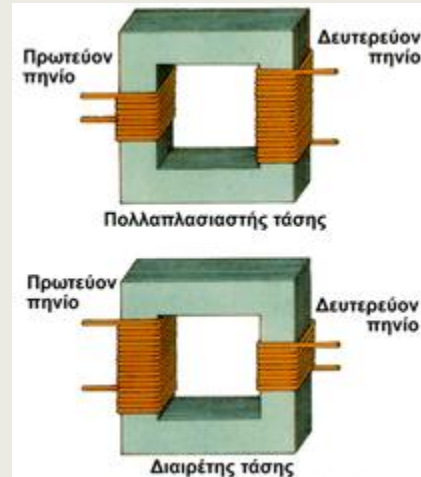
Εικόνα 8.5.4

8.6 Μετασχηματιστής

Ο μετασχηματιστής είναι ένα όργανο με το οποίο μπορούμε να μεταβάλλουμε την τάση του ηλεκτρικού ρεύματος. Διαθέτει δύο πηνία, δηλαδή συρμάτινες περιελίξεις τυλιγμένες γύρω από σιδερένιους πυρήνες. Όταν ένα εναλλασσόμενο ρεύμα ορισμένης τάσης, περνάει από το πρώτο πηνίο (πρωτεύον), δημιουργεί ένα επίσης εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο μέσα στον σιδερένιο πυρήνα.

Καθώς το μαγνητικό πεδίο αλλάζει διαρκώς κατεύθυνση, δημιουργείται ένα εναλλασσόμενο επαγωγικό ρεύμα στο δεύτερο πηνίο (δευτερεύον). Αυτό το ρεύμα του δευτερεύοντος πηνίου έχει μια άλλη τάση από το αρχικό, η οποία μάλιστα εξαρτάται από τον αριθμό των σπειρών των δύο πηνίων.

Συγκεκριμένα, αν το δευτερεύον πηνίο έχει περισσότερες σπείρες από το πρωτεύον η τάση μεγαλώνει, ενώ στην αντίθετη περίπτωση μειώνεται. Αυτός βέβαια δεν είναι κάποιος μαγικός τρόπος για να κερδίσουμε ενέργεια, μια και μπορεί να μεγαλώνει η τάση, πέφτει όμως η ένταση του ρεύματος έτσι ώστε η ενέργεια να παραμένει σταθερή.



Μετασχηματιστές

Το ηλεκτρικό ρεύμα που διαρρέει το πρωτεύον πηνίο δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα στο δευτερεύον πηνίο, παρότι τα δύο πηνία δεν ακουμπάνε μεταξύ τους.

8.7 Μετατροπέας AC/DC



Στις περισσότερες εφαρμογές ηλεκτρονικών συστημάτων η τάση εισόδου προέρχεται από την εναλλασσόμενη τάση (AC) του ηλεκτρικού δικτύου. Πολλά μηχανήματα όμως για να λειτουργήσουν χρησιμοποιούν συνεχή τάση (DC) όπως και το δικό μας μηχάνημα. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήσαμε έναν μετατροπέα AC/DC. Ο μετατροπέας αυτός αποτελείται από ημιαγωγικά στοιχεία ισχύος τα οποία ελέγχονται από διάφορα ολοκληρωμένα κυκλώματα. Από το σχήμα βλέπουμε ότι ο μετατροπέας έχει τέσσερις επαφές. Τα δύο μαύρα καλώδια είναι η είσοδοι μας, το καφέ και το μπλε είναι οι έξοδοι μας.

8.8 PLC



Το PLC δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας μικροϋπολογιστής, κατάλληλα προσαρμοσμένος ώστε να χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των αυτοματισμών. Το PLC δηλαδή δημιουργήθηκε για να αντικαταστήσει τον κλασικό πίνακα αυτοματισμού με τους ηλεκτρονόμους.

Γενικά ένα PLC αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. Τη κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU) που είναι και η καρδιά του, ο εγκέφαλος του PLC.

2. Τη μονάδα τροφοδοσίας

3. Τις μονάδες εισόδων – εξόδων (Input/Output modules)

Τα παραπάνω αποτελούν την κύρια μονάδα αυτοματισμού, το κύριο μέρος του PLC. Σε πολλά μοντέλα όπως στα LOGO της Siemens οι τρεις παραπάνω μονάδες είναι ενσωματωμένες σε μια συσκευή. Εκτός από τη κεντρική μονάδα απαραίτητα είναι ακόμη

4. Το πλαίσιο ή πλαίσια για τη τοποθέτηση των μονάδων και των επεκτάσεών τους

5. Η συσκευή προγραμματισμού για το προγραμματισμό του PLC

Να αναφέρουμε εδώ ότι τα PLC διαθέτουν μνήμες RAM, EEPROM, ROM , και ειδικές συναρτήσεις που είναι τα χρονικά, οι απαριθμητές, οι συγκριτές , οι γεννήτριες παλμοσειρών, ο μετρητής πραγματικού χρόνου.

Με βάση τα υλικά που περιγράψαμε σε αυτήν την ενότητα κατασκευάσαμε το μηχάνημα που βλέπεται στις παρακάτω φωτογραφίες.

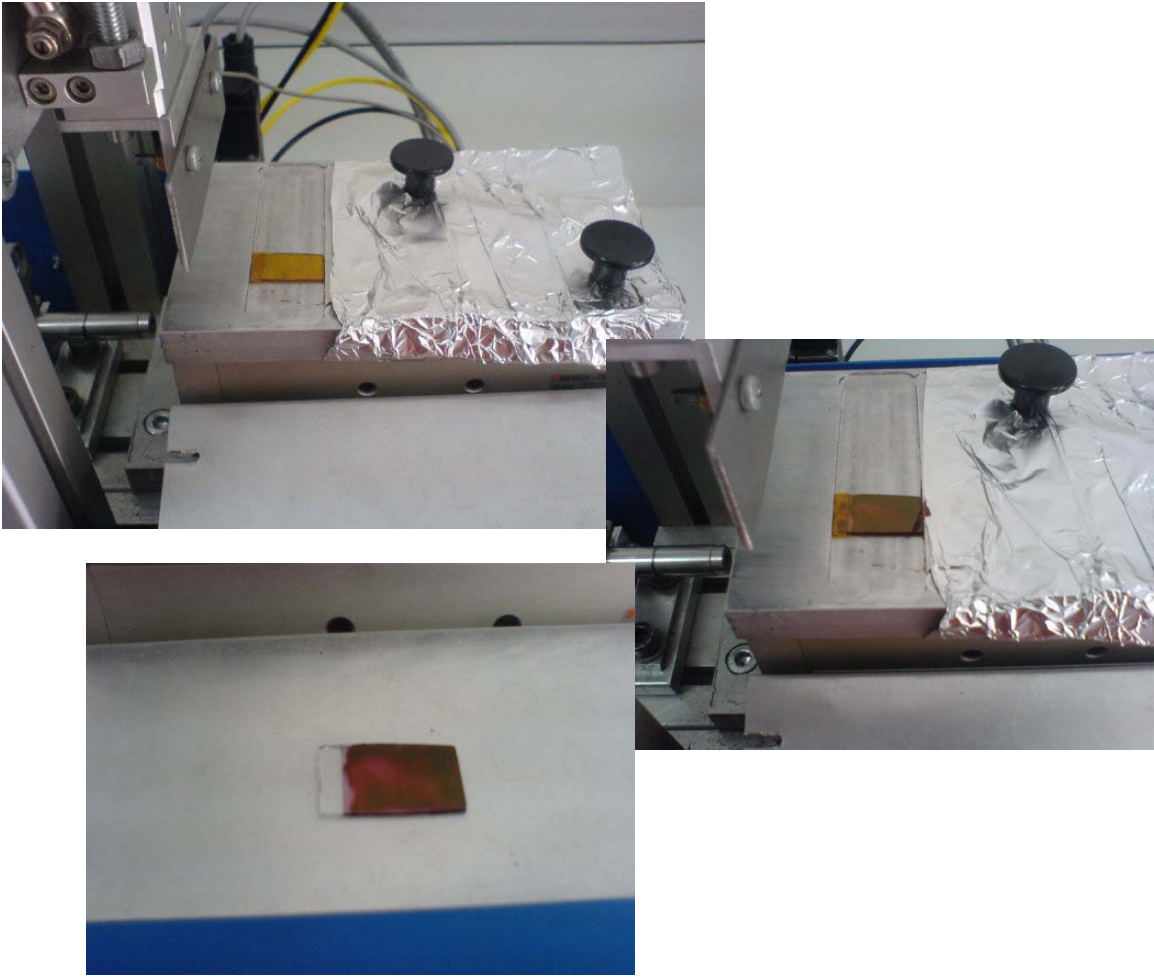


8.9 Λειτουργία Κατασκευής

Από την παροχή του δικτύου παίρνουμε δύο καλώδια, το ένα πάει στον κεντρικό διακόπτη και το άλλο στον μετασχηματιστή 230/24V. Από εκεί φεύγουν τα καλώδια και πηγαίνουν στον μετατροπέα AC/DC. Τα δύο μαύρα καλώδια είναι η είσοδος του μετατροπέα (AC), το καφέ (φάση) και το μπλε (ουδέτερος) είναι η έξοδος του μετατροπέα (DC). Μετά πάμε στις κλέμες που από εκεί γίνονται οι γέφυρες για τους τερματικούς διακόπτες οι οποίοι δίνουν τις εντολές στον προγραμματιστή(PLC).



Με το πάτημα του διακόπτη(start) το PLC δίνει εντολή στην πρώτη ηλεκτροβαλβίδα να ανοίξει ώστε να περάσει ο αέρας και να κινηθεί το πρώτο έμβολο προς τα εμπρός. Το έμβολο θα αρχίσει να κινείται μέχρι να συναντήσει την αντίσταση του εμβόλου φρένου. Όταν συμβεί αυτό ανάβει ο πρώτος τερματικός διακόπτης που δίνει εντολή στο PLC να ανοίξει την δεύτερη ηλεκτροβαλβίδα έτσι ώστε να κινηθεί το δεύτερο έμβολο κάθετα. Μόλις φτάσει το δεύτερο έμβολο στην επιθυμητή θέση τότε ανάβει ο δεύτερος τερματικός που δίνει εντολή στο PLC να ανοίξει την βαλβίδα του φρένου λαδιού έτσι ώστε να φύγει το λάδι μέσα από το έμβολο του φρένου για να μπορέσει να συνεχίσει την μπροστινή κίνηση το πρώτο έμβολο. Τέλος μόλις ολοκληρωθεί και αυτή η κίνηση ανάβει ο τρίτος τερματικός δίνοντας εντολή στις ηλεκτροβαλβίδες να επιστρέψουν τα έμβολα στην αρχική τους θέση.



8.9.1 Διαδικασία εναπόθεσης πολυμερούς

8.10 Κοστολόγιο μηχανήματος

ΥΛΙΚΑ	ΚΟΣΤΟΣ ΣΕ €
• 1 έμβολο αέρος για οριζόντια κίνηση	150
• 1 έμβολο αέρος για κάθετη κίνηση	80
• 1 έμβολο φρένου.(εικόνα 3)	60
• 1 ρυθμιστή φρένου λαδιού	30
• 1φυάλη λαδιού	50
• 1 ρυθμιστής πίεσης ,φίλτρο και λιπαντήρας	90
• 3 ηλεκτροβαλβίδες με πλαίσιο στήριξης βαλβίδων	165
• 1 αλουμινένια βάση	10
• 1 μετασχηματιστή 24V	15
• 1 μετατροπέα AC/DC	20
• 3 τερματικά	10
• 1 PLC	180
• πλαίσιο	60
• κλέμες	5
• 3 διακόπτες	15
• αλουμίνια	20
• ρακόρ	50
	1010

Σύνολο

Βιβλιογραφία

- 1) Organic photovoltaic devices based on conjugated polymers and carbon nanotubes (Διδακτορική διατριβή Δρ. Κυμάκη Εμμανουήλ)
- 2) Organic electronics: Material, Manufacturing and Applications
- 3) Polymers in electronics
- 4) Flexible flat panel displays
- 5) Σχεδιασμός και ανάπτυξη οργανικών φωτοβολταϊκών διατάξεων (Πτυχιακή Εργασία)
- 6) Οπτικός και επιφανειακός χαρακτηρισμός υμενίων υψηλού φραγμού σε πολυμερικά υποστρώματα για εφαρμογή σε εύκαμπτες ηλεκτρονικές διατάξεις (Διπλωματική Εργασία)
- 7) Μελέτη πολυμερικών και υβριδικών υποστρωμάτων και ανάπτυξη λεπτών υμενίων οξειδίου του πυριτίου (Διπλωματική Εργασία)
- 8) Κατασκευή και χαρακτηρισμός νανοδιατάξεων ετεροεπαφών με μοριακά και ημιαγωγικά υλικά (Μεταπτυχιακή Εργασία)
- 9) Μέθοδοι παρασκευής και χαρακτηρισμού υλικών: ‘Σκληρή ύλη’
- 10) Organic Photovoltaics : Michanish, Materials and Devices
- 11) Clean electricity from Photovoltaics
- 12) Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications