



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ

ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΑΓΩΓΙΜΑ ΥΦΑΝΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ

ΚΟΜΠΟΤΗΣ ΗΛΙΑΣ

Α.Μ. 27990

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΜΑΛΑΤΕΣΤΑΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ



ΑΘΗΝΑ 2018

ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.

Τμήμα: Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Τ.Ε.

Τίτλος : **ΑΓΩΓΙΜΑ ΥΦΑΝΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ**

Copyright © Ηλίας Κομπότης, 2018.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιά, Τεχνολογικού Τομέα.

Περίληψη

Την τελευταία δεκαετία η χρήση αγώγιμων υφασμάτων αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς. Η δημιουργία των λεγομένων έξυπνων ενδυμάτων και φορόμενων ηλεκτρονικών γίνεται ανάγκη από ορισμένες κατηγορίες χρηστών αλλά και μόδα σε άλλες κατηγορίες χρηστών.

Η πτυχιακή αυτή εργασία παρουσιάζει τις νέες έννοιες, τους τρόπους δημιουργίας και λειτουργίας αυτών αλλά και την χρήση τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο εξηγείται το φαινόμενο της αγωγιμότητας των υλικών, ενώ στο τρίτο περιγράφονται τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των αγωγών και των ημιαγωγών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσονται τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των αγώγιμων νημάτων και υφασμάτων ενώ στο πέμπτο περιγράφονται οι τρόποι κατασκευής τους.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο περιγράφονται οι τρόποι μέτρησης της αγωγιμότητας αγώγιμων υφασμάτων και στο έβδομο οι εφαρμογές τους αλλά και εκθέτονται σκέψεις για το μέλλον.

Abstract

Over the last decade the use of conductive fabrics has been growing rapidly. The creation of so-called smart clothes and wearable electronics is needed by certain user groups and also in other categories of users.

This dissertation presents the new concepts, ways of creating and operating them and their use.

The second chapter explains the conductivity of materials, while the third describes the materials used for the construction of conductors and semiconductors.

In the fourth chapter the electrical characteristics of the conductive yarns and fabrics are developed and in the fifth chapter the ways of their manufacture are described.

Finally, the sixth chapter describes the ways to measure the resistance of conductive fabrics and in their seventh chapter the impacts on the future.

Ευχαριστίες

Οφείλω να ευχαριστήσω θερμά για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν, στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής μου εργασίας και όχι μόνο:

Τον Καθηγητή Δρ. Παντελή Μαλατέστα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δίνοντάς μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία.

Τον Αναπληρωτή Καθηγητή Δρ. Γεώργιο Πρινιωτάκη, για την σημαντική βοήθεια που μου προσέφερε.

Τους συμφοιτητές μου, που πορευτήκαμε μαζί και περάσαμε τόσα σπουδαία πράγματα όλα αυτά τα εξάμηνα.

Την οικογένειά μου, για την ηθική και οικονομική συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	
1.1. ΦΟΡΕΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ: ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ.	10
1.2. ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ.	11
1.3. ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ.	11
1.4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	12
2.2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ	13
2.3. Η ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ	15
2.4. Η ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΗΜΙΑΓΩΓΟΥΣ	16
2.5. Η ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	17
2.6. Ο ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΩΣ ΑΓΩΓΙΜΟ ΥΛΙΚΟ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	
3.1. ΠΟΛΥΜΕΡΗ	19
3.2. ΣΤΕΡΕΕΣ ΔΟΜΕΣ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ	
3.3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ	
3.4. ΧΡΗΣΗ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΙΝΕΣ Η ΝΗΜΑΤΑ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	
4.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
4.2. ΑΓΩΓΙΜΕΣ ΙΝΕΣ ΚΑΙ ΝΗΜΑΤΑ	
4.3. ΤΕΧΤΡΟΝΙΚΣ	
4.4. ΥΦΑΝΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ	
4.5. ΤΕΧΤΡΟΔΕΣ	
4.6. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΤΡΑΝΣΙΣΤΟΡ	
4.7. ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΤΡΑΝΣΙΣΤΟΡ ΠΕΔΙΟΥ(OFETs)	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	
5.1. E-TEXTILES	
5.2. ΔΟΜΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	
5.2.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΓΡΗΣ ΚΛΩΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ	
5.2.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ	
5.3. ΑΓΩΓΙΜΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ	26
5.4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ	27
5.4.1. ΚΕΝΤΗΜΑ	
5.4.2. ΥΦΑΝΣΗ	
5.4.3. ΠΛΕΞΙΜΟ	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	
6.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ	
6.2. ΜΕΘΟΔΟΣ VAN DER PAUW	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

7.2.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΚΛΩΣΤΟΥΨΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ

7.2.1.ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

7.2.2. ΚΛΩΣΤΟΥΨΑΝΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

7.2.3. ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΑ ΕΝΔΥΜΑΤΑ

7.3. ΥΦΑΝΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΕΝΔΥΜΑΤΑ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΡΟΝΤΙΔΑ

7.4. INTERNET OF THINGS (ΙΟΤ)

7.5. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΕΞΥΠΝΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σύγχρονη κοινωνία η ανάγκη για ενδύματα με «ιδιαιτερες» ιδιότητες, τα οποία μπορούν να βελτιώσουν τη ζωή μας αποτελεσματικά, μας οδηγούν σε νέα προϊόντα. Οι ανάγκες του σημερινού πολυάσχολου πολίτη σε συνδυασμό με τις τάσεις της αγοράς καθιστούν απόλυτα αναγκαία την χρήση τέτοιων εξελιγμένων προϊόντων. Τα ενδύματα αυτά έκαναν πειραματικά την εμφάνιση τους ως έξυπνα ενδύματα στην αρχή της περασμένης δεκαετίας. Βασίζονταν στην ενσωμάτωση αγώγιμων υφάνσιμων υλικών αλλά και αισθητήρων και αυτοματισμών στην δομή του υφάσματος ή και του νήματος σε ορισμένες περιπτώσεις.

Η ιατρική μπορεί να τα εκμεταλλευτεί μέσω γιλέκων με ενσωματωμένους μετρητές παλμών για παρακολούθηση ασθενών. Τέτοια προϊόντα μπορούν να χρησιμοποιηθούν παραδείγματος χάρη στον ιατρικό τομέα με σκοπό την βελτίωση της ποιότητας ζωής ενός ασθενούς αλλά και την καλύτερη, συντομότερη και οικονομικότερη ίαση του μέσω της παρακολούθησης των ζωτικών του ενδείξεων και της κατάστασης του (συχνά μετεγχειρητική). [1,2].

Παρόλο που η επιτήρηση αυτή θα μπορούσε να γίνεται μέσω ενός βραχιολιού ή ενός ηλεκτρονικού οργάνου που θα το μεταφέρει πάνω του, εντούτοις τόσο από άποψη αποτελεσματικότητας όσο και από χρηστικής πλευράς, η ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας μέσα στην δομή του ενδύματος απλοποιεί καταστάσεις και διαδικασίες. Ενώ ένα ρολόι ή ένα βραχιόλι μπορεί να ξεχαστεί να φορεθεί, σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να ξεχαστεί να φορεθεί μια μπλούζα ή ένα παντελόνι. Επίσης ο ψυχολογικός παράγοντας είναι σημαντικός και έχει εξεταστεί από σειρά μελετών. [3-7]

Τα υφάσματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην καθημερινή μας ζωή, για παράδειγμα τα ρούχα που φοράμε ώστε να προστατευτούμε από το κρύο ή τη ζέστη, υφάσματα που καλύπτουν επιφάνειες και πατώματα, υφασμάτινα καλύμματα θέσεων στο αυτοκίνητο. Είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας. [6]

Παρόλο που οι ηλεκτρονικές συσκευές χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο υπάρχουν πολλοί άνθρωποι δεν έχουν τη γνώση ή την υπομονή να τις χειριστούν αποτελεσματικά. Ο τρόπος να ξεπεράσουμε τέτοιου είδους εμπόδια είναι να βελτιώσουμε το περιβάλλον χειρισμού. Αν μία ηλεκτρονική συσκευή είναι ενσωματωμένη σε πράγματα που ήδη χρησιμοποιούνται κατά κόρον είναι ευκολότερο να την αποδεχτούμε. Τα έξυπνα ενδύματα μπορούν να προσφέρουν βελτιωμένο περιβάλλον χειρισμού και να κάνει πιο εύκολη την χρήση αλλά τελικά και την αποδοχή των ηλεκτρονικών αυτών συσκευών.

Επίσης, αγώγιμα υφάσματα χρησιμοποιούνται και σε πολύ διαφορετικές εφαρμογές όπως παραδείγματος χάρη, γεοϋφάσματα σένσορες μπορούν να

χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικούς χώρους για αποξήρανση και άρδευση στην αγροτική παραγωγή. Τα υφάσματα αυτά κατασκευασμένα τόσο από συμβατικά-μονωτικά νήματα όσο και από αγώγιμα νήματα σε κάποιο ποσοστό και σε συγκεκριμένα σημεία με τέτοιο τρόπο ώστε οι αισθητήρες που έχουν δημιουργηθεί να μετρούν την αγωγιμότητα και κατά συνέπεια την υγρασία, την πίεση που υφίσταται το ύφασμα αλλά και άλλες αναγκαίες παραμέτρους [22,31].

Επίσης σε μανδύες κτιρίων είναι ενσωματωμένα αισθητήρια συστήματα εντός του τσιμέντου ώστε να εντοπίζουν ρωγμές μετά από σεισμούς. Τα αισθητήρια αυτά είναι υφάσματα κατασκευασμένα από αγώγιμα νήματα. Μία άλλη χρήση θα μπορούσε να είναι αισθητήρες που ελέγχουν συστήματα κλιματισμού ή ηλεκτρονικά συστήματα ως καθοδήγηση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Βιομηχανικά έξυπνα υφάσματα μπορούν να αποτρέπουν δυσλειτουργίες λόγω τριβών σε γραμμές παραγωγής. Μια άλλη εξίσου σημαντική κατηγορία είναι τα φορετά ηλεκτρονικά για ιδιαίτερες επαγγελματικές συνθήκες. Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να παρακολουθούνται οι συνθήκες περιβάλλοντος αλλά και βιομετρικές ενδείξεις εργατών σε επικίνδυνες εργασιακές συνθήκες. [27]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. ΦΟΡΕΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ: ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Τα φορετά ηλεκτρονικά έχουν εμφανιστεί τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια ως συνέπεια της διαρκούς προσπάθειας σμίκρυνσης των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων. Στα πρώτα χρόνια της εμφάνισης των φορετών ηλεκτρονικών ο ορισμός αυτός ήταν εντελώς μεταφορικός, εννοώντας την εισαγωγή μικρών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων σε υφασμάτινα υποστρώματα. Με την πάροδο του χρόνου και την ανάπτυξη της τεχνολογίας ο ορισμός αυτός πλέον αφορά κάθε ηλεκτρονική συσκευή που δημιουργείται σε υφασμάτινη μορφή [9].

Οι φορετές ηλεκτρονικές συσκευές κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το ποσοστό ενσωμάτωσής τους με το ύφασμα που εισήχθησαν:

- 1) Φορετοί υπολογιστές και οθόνες: η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει κάθε φορητή ηλεκτρονική συσκευή που δεν είναι απαραίτητη η άμεση επαφή με το ένδυμα.
- 2) Ηλεκτρονικά ενσωματωμένα στην επιφάνεια: στην κατηγορία αυτή τα ενδύματα λειτουργούν απλά ως υπόστρωμα για την ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών.
- 3) Ηλεκτρονικά ενσωματωμένα στις ίνες: στην κατηγορία αυτή η ενσωμάτωση των ηλεκτρονικών εξαρτημάτων με το εκάστοτε ύφασμα βρίσκεται στο απόγειό της καθώς η ίδια η ίνα λειτουργεί ως ηλεκτρονικό εξάρτημα.

Τα νήματα που έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάζουν ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές ιδιότητες αποκαλούνται e-yarns. Όταν αυτά τα νήματα πλέκονται μεταξύ τους ώστε να δημιουργήσουν υφάσματα, έτσι ώστε τα ηλεκτρικά εξαρτήματα και οι συνδέσεις είναι ενδογενείς με το ύφασμα, αυτά τα υφάσματα αποκαλούνται e-textiles.

Η έκφραση «έξυπνα ενδύματα» χρησιμοποιείται για ρούχα τα οποία είναι ικανά να λαμβάνουν φυσικά σήματα, να τα μετατρέπουν σε ψηφιακά σήματα, να τα επεξεργάζονται και σταδιακά να τα αποθηκεύουν ή να τα στέλνουν σε ένα εξωτερικό δέκτη.

Μία άλλη χρήσιμη διαφοροποίηση που μπορεί να γίνει αφορά τη χημική σύσταση του ενεργού υλικού που χρησιμοποιείται για την προσδώσει αγωγιμότητα σε ένα χαρακτηριστικά μονωτικό υλικό. Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό οι ηλεκτρονικές συσκευές πάνω στην ίνα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- 1) Ανόργανα υλικά, στα οποία το ενεργό στρώμα δεν είναι βασισμένο στον άνθρακα.
- 2) Οργανικά υλικά, στα οποία το ενεργό στρώμα είναι βασισμένο στον άνθρακα.

1.2. ΑΝΟΡΓΑΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Ένα απλό παράδειγμα ανόργανης ηλεκτρονικής συσκευής δημιουργημένης σε υφασμάτινη μορφή είναι η ενσωμάτωση ηλεκτρικά αγώγιμων ινών σε υφάσματα με σκοπό να παρέχουν ηλεκτρική σύνδεση στα μικρο-ηλεκτρονικά συστήματα του ενδύματος.

Τα νήματα αυτά είναι είτε εγγενώς αγώγιμα διότι κατασκευάστηκαν από μέταλλα, ή εξωγενώς αγώγιμα διότι κατασκευάστηκαν από κάποιο μονωτικό υλικό αλλά μεταγενέστερα προστέθηκαν μεταλλικά συμπληρώματα [11].

Σήμερα κυκλοφορούν ήδη διάφοροι τύποι αγώγιμων νημάτων στο εμπόριο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κλωστοϋφαντουργικές μηχανές ώστε να παραχθούν ηλεκτρικά αγώγιμα υφάσματα. Αξιόλογη πρόοδος επιτεύχθηκε όταν τα έξυπνα ενδύματα χρησιμοποιήθηκαν όχι απλά για να άγουν ηλεκτρισμό, αλλά και ως αισθητήρες οι οποίοι μπορούν να λαμβάνουν σήματα από το περιβάλλον και να τα μεταδίδουν μέσω των υφασμάτινων υποστρωμάτων.

1.3. ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Το ενεργό στρώμα των νημάτων αυτών βασίζεται στον άνθρακα. Σε γενικές γραμμές οι οργανικές ηλεκτρονικές συσκευές ειδικά σχεδιασμένες για χρήση στα υφάσματα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες σε σχέση με τη συγκεκριμένη ηλεκτρονική λειτουργία:

- 1) Οργανικά αγώγιμες ίνες.
- 2) Οργανικά τρανζίστορ πάνω σε υφασμάτινα υποστρώματα.

Μία περαιτέρω κατηγοριοποίηση στα τρανζίστορ μπορεί να γίνει σύμφωνα με τις φυσικές διεργασίες που είναι υπεύθυνες για τη λειτουργία τους:

- 1) Οργανικά τρανζίστορ πεδίου (OFETs), στα οποία το ρεύμα πηγής-αποστράγγισης επηρεάζεται από την εναλλαγή της πυκνότητας φορτίου στο στρώμα του ημιαγωγού μέσω του ηλεκτρικού πεδίου που παράγεται από το ηλεκτρόδιο της πύλης κατά μήκος του μονωμένου στρώματος.
- 2) Οργανικά ηλεκτροχημικά τρανζίστορ (OECTs), στα οποία το ρεύμα πηγής-αποστράγγισης επηρεάζεται από την εναλλαγή της πυκνότητας του φορτίου στο ημιαγώγιμο στρώμα μέσω της αντίδρασης μείωσης οξειδωσης που συμβαίνει

μεταξύ του ίδιου του ημιαγωγού και ενός ηλεκτρολύτη τοποθετημένο σε επαφή με το ενεργό στρώμα.

1.4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΜΙΚΡΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Τα υφάσματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην καθημερινή μας ζωή, για παράδειγμα τα ρούχα που φοράμε ώστε να προστατευτούμε από το κρύο ή τη ζέστη, υφάσματα που καλύπτουν επιφάνειες και πατώματα, υφασμάτινα καλύμματα θέσεων στο αυτοκίνητο.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο αλλά κάποιοι άνθρωποι δεν έχουν τη γνώση να τις χειριστούν. Ο τρόπος να ξεπεράσουμε τέτοιου είδους εμπόδια είναι να βελτιώσουμε το περιβάλλον χειρισμού. Αν μία ηλεκτρονική συσκευή είναι ενσωματωμένη σε πράγματα που ήδη χρησιμοποιούνται κατά κόρον είναι ευκολότερο να την αποδεχτούμε. Τα έξυπνα ενδύματα μπορούν να προσφέρουν βελτιωμένο περιβάλλον χειρισμού και να κάνει πιο εύκολη την χρήση αλλά τελικά και την αποδοχή των ηλεκτρονικών αυτών συσκευών.

Υφάσματα μεγάλης επιφάνειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εξωτερικούς χώρους για αποξήρανση και άρδευση στην αγροτική παραγωγή, σε αισθητήρια συστήματα κτιρίων ενσωματωμένων έξυπνων υφασμάτων εντός του τιμέντου ώστε να εντοπίζουν ρωγμές μετά από σεισμούς. Μία άλλη χρήση είναι αισθητήρες που ελέγχουν συστήματα κλιματισμού ή ηλεκτρονικά συστήματα ως καθοδήγηση σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Βιομηχανικά έξυπνα υφάσματα μπορούν να αποτρέπουν δυσλειτουργίες λόγω τριβών σε γραμμές παραγωγής. Ωστόσο η σημαντικότερη κατηγορία είναι τα φορετά ηλεκτρονικά. Αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να παρακολουθούνται οι συνθήκες περιβάλλοντος αλλά και βιομετρικές ενδείξεις εργατών σε επικίνδυνες εργασιακές συνθήκες [27].

Η επιλογή του καλύτερου υλικού πρέπει να γίνει ανάλογα τη χρήση του έξυπνου υφάσματος, όμως σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι ελαφρύ, ανθεκτικό, εύκαμπτο και ανταγωνιστικό στην τιμή του.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων χρησιμοποιείται ο χαλκός. Οι χάλκινοι αγωγοί έχουν επίστρωση ασημιού για να αντέχουν στην οξειδωση. Οι αγωγοί αυτοί μονώνονται από μία επίστρωση πολυεστέρα στην περίπτωση έκθεσής τους στην υγρασία. Τα περισσότερα «έξυπνα» υφάσματα (κυρίως τα φορετά έξυπνα υφάσματα) πρέπει να αντέχουν σε δυνάμεις και καταπονήσεις όπως αθλητικές δραστηριότητες, βροχή, χιόνι, τις πλύσεις στα πλυντήρια ρούχων και άλλα [26].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductance) εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα περνάει μέσα από κάποιο αντικείμενο και αποτελεί το δυαδικό μέγεθος της ηλεκτρικής αντίστασης. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δείχνει την απόκριση του υλικού εάν εφαρμοστεί σε αυτό διαφορά δυναμικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα του υλικού τόσο περισσότερο ηλεκτρικό ρεύμα θα ρεύσει εντός του υλικού. Ανάλογα λοιπόν με την τιμή της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας, ένα υλικό χαρακτηρίζεται ως αγωγός, μονωτής ή ημιαγωγός [11].

Εξαρτάται γενικά από την ειδική αγωγιμότητα του υλικού, και τη γεωμετρία του αντικειμένου. Θεμελιωτής της θεωρίας της ηλεκτρικής αγωγιμότητας θεωρείται ο Άγγλος φυσικός Στήβεν Γκρέυ (1670-1736).

Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας σύμφωνα με το Διεθνές σύστημα μονάδων (SI) είναι το Ζήμενς (Siemens), διεθνές σύμβολο S. Οι Αγγλοσάξωνες συνηθίζουν να χρησιμοποιούν για την μέτρηση της αγωγιμότητας και την μονάδα mho (Ω), της οποίας η γραφή προκύπτει από την αντιστροφή των γραμμάτων της μονάδας μέτρησης της ηλεκτρικής αντίστασης Ωμ (Ohm), εξ ου και διαβάζεται "αντίστροφο Ωμ".

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δίνεται αριθμητικά εάν διαιρέσουμε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει ένα αντικείμενο (σε amperes) προς την διαφορά δυναμικού/τάση που εφαρμόζεται στα άκρα του (σε volts). Πρόκειται δηλαδή για ένα μέγεθος αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης. Ο αντίστοιχος τύπος είναι:

$$G = 1/R = I/V$$

όπου:

G: Η αγωγιμότητα που εμφανίζει το αντικείμενο (σε Siemens)

R: Η αντίσταση που εμφανίζει το αντικείμενο (σε ohms)

V: Η διαφορά δυναμικού που εφαρμόζεται στα άκρα του αντικειμένου (σε volts)

I: Η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το αντικείμενο (σε amperes)

2.2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΥΛΙΚΑ

Διάκριση υλικών με βάση τον τρόπο μεταβολής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη θερμοκρασία:

1. Αγωγοί (conductors): Είναι τα υλικά με υψηλή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας, η οποία ελαττώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας.

Αντιπροσωπευτικά της κατηγορίας αυτής είναι τα στερεά μεταλλικής κατασκευής, και κάποια στερεά ομοιοπολικής κατασκευής όπως ο γραφίτης.

2. Μονωτές ή κακοί αγωγοί ή διηλεκτρικά (insulators): Είναι υλικά με πολύ χαμηλή τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας (πρακτικά δεν άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα).

Αντιπροσωπευτικά: Στερεά ιοντικής κατασκευής, πλείστα στερεά ομοιοπολικής και μοριακής κατασκευής, χωρίς αταξίες στα κρυσταλλικά τους πλέγματα.

3. Υπεραγωγοί (superconductors): Είναι υλικά που παρουσιάζουν μηδενική ηλεκτρική αντίσταση σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Αντιπροσωπευτικά: τα υπεραγώγιμα υλικά μπορεί να ανήκουν σε οποιαδήποτε κατηγορία στερεών υλικών.

4. Ημιαγωγοί (semiconductors): Είναι υλικά με ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταξύ των τινών που αντιστοιχούν σε αγωγούς και μονωτές, η οποία αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας.

Αντιπροσωπευτικά: Στερεά ιοντικής και ομοιοπολικής κατασκευής, ορισμένα στερεά μοριακής κατασκευής.

2.3. Η ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου σε ένα αγώγιμο στερεό προκαλεί επιτάχυνση των ελευθέρων ηλεκτρονίων του. Ένα ηλεκτρόνιο για να καταστεί ελεύθερο πρέπει να διεγερθεί ή να προωθηθεί σε μία από τις κενές και διαθέσιμες ενεργειακές καταστάσεις πάνω από τη στάθμη Fermi.

Από το πεδίο ασκείται δύναμη στα ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία επιταχύνονται σε αντίθετη κατεύθυνση από αυτή του πεδίου. Κατά την κίνησή τους δέχονται δυνάμεις τριβής που προέρχονται από τη σκέδασή τους στις ατέλειες τους κρυσταλλικού πλέγματος (πλεγματικά κενά, διαταραχές, άτομα πρόσμιξης, ένθετα άτομα) και τις θερμικές δονήσεις των ίδιων των ατόμων, με αποτέλεσμα την εμφάνιση αντίστασης στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι για την περιγραφή του μεγέθους της σκέδασης:

1. Ταχύτητα μετατόπισης των ηλεκτρονίων: $U_d = \mu_e E$

όπου: E η ένταση του πεδίου και μ_e η ηλεκτρονική ευκινησία (σταθερά αναλογίας) σε $m^2/V.s$.

Ειδική αγωγιμότητα του υλικού: $\sigma = n^* e / \mu_e$

όπου: n ο αριθμός των ελεύθερων ή αγώγιμων ηλεκτρονίων ανά μονάδα όγκου και $|e|$ η απόλυτη τιμή του φορτίου του ηλεκτρονίου ($1.6 \times 10^{-19} C$).

Ειδική ηλεκτρική αντίσταση: $\rho = 1/\sigma$

Η συνολική ειδική αντίσταση είναι το άθροισμα των συνεισφορών των θερμικών δονήσεων (ρ_t), των προσμίξεων (ρ_i) και της πλαστικής παραμόρφωσης (ρ_d), δηλ. ισχύει: $\rho = \rho_t + \rho_i + \rho_d$

(α) Επίδραση της θερμοκρασίας

- Σε θερμοκρασίες $T < 0.2 T_D$, όπου T_D η θερμοκρασία Debye του υλικού: Η ειδική αντίσταση μεταβάλλεται ανάλογα προς την T^{-5}
- Σε θερμοκρασίες $T > 0.2 T_D$: Ισχύει η γραμμική σχέση $\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha T)$, όπου α και ρ_0 σταθερές του υλικού.

(β) Επίδραση των προσμίξεων

- Σε στερεό διάλυμα με συγκέντρωση προσμίξεων c_i (βάσει του κλάσματος ατόμων σε %): $\rho_i = A c_i (1 - c_i)$, όπου A σταθερά.
- Σε διφασικό κράμα $\alpha + \beta$: $\rho_i = \rho_\alpha V_\alpha + \rho_\beta V_\beta$, όπου V τα ογκομετρικά κλάσματα και ρ οι ειδικές αντιστάσεις των φάσεων.

2.4. Η ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΟΥΣ ΗΜΙΑΓΩΓΟΥΣ

Η ηλεκτρική ειδική αγωγιμότητα των ημιαγώγιμων υλικών δεν είναι τόσο υψηλή όσο αυτή των αγωγών. Στους ημιαγωγούς το ενεργειακό διάκενο είναι μη μηδενικό και υπερκαλύπτεται από τα ηλεκτρόνια με σχετικά μικρή προσφορά ενέργειας.

Γενικά σε χαμηλές θερμοκρασίες συμπεριφέρονται ως μονωτές, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες ως αγωγοί.

Σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η διαθέσιμη ενέργεια είναι αρκετή, ώστε να προκαλέσει μεταπήδηση ηλεκτρονίων από τη ζώνη σθένους στη ζώνη αγωγιμότητας. Οι κενές θέσεις που αφήνουν ονομάζονται οπές και μπορούν να καταλαμβάνονται από γειτονικά ηλεκτρόνια της ζώνης σθένους και να συνεισφέρουν έτσι στην αγωγιμότητα του υλικού. Δηλαδή, στους ημιαγωγούς σημειώνεται αγωγιμότητα και στη ζώνη σθένους. Για την περιγραφή της αγωγιμότητας στη ζώνη σθένους βολεύει να μην χρησιμοποιείται η κίνηση των ηλεκτρονίων που καταλαμβάνουν τις οπές, αλλά η κίνηση των ίδιων των οπών (ως αποτέλεσμα της μετακίνησης ηλεκτρονίων). Οι οπές αλληλεπιδρούν με εξωτερικό πεδίο σαν να ήταν θετικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Συνεπώς, στους ημιαγωγούς υφίστανται δύο ειδών φορείς αγωγιμότητας: ελεύθερα ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας και οπές στη ζώνη σθένους. Προφανώς, σε έναν ημιαγωγό χωρίς προσμίξεις ο αριθμός των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι ίσος με τον αριθμό των οπών. Όσον αφορά την εξάρτηση της αγωγιμότητας από τη θερμοκρασία, στους ημιαγωγούς παρατηρείται αύξηση της αγωγιμότητας με τη θερμοκρασία, αφού αυξάνεται το πλήθος των ηλεκτρονίων και των οπών που συνεισφέρουν στην αγωγιμότητα.

2.5. Η ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΣΤΕΡΕΑ

Αγωγιμότητα ονομάζουμε την ευκολία διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Αντιθέτως αντίσταση ονομάζουμε τη δυσκολία διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος, ως εκ τούτου αγώγιμα υλικά έχουν χαμηλή αντίσταση ενώ οι μονωτές έχουν υψηλή αντίσταση. Δομικά τα στερεά αποτελούνται από άτομα. Ένα άτομο εμπεριέχει θετικά φορτισμένα πρωτόνια και αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια και ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με αυτόν των ηλεκτρονίων έτσι ώστε συνολικά το άτομο παραμένει ουδέτερο. Η αγωγιμότητα του ηλεκτρισμού σε διάφορα υλικά (στερεά) είναι η ευκολία μετατόπισης ηλεκτρονίων κάτι που οδηγεί σε θετικά ή αρνητικά φορτισμένα υλικά.

Στερεά όπως τα μέταλλα, έχουν ένα ιδιαίτερο μεταλλικό δεσμό όπου τα ηλεκτρόνια των ατόμων μοιράζονται στους πυρήνες όλων των ατόμων μέσα στο υλικό, δημιουργώντας μία «θάλασσα» ηλεκτρονίων επιτρέποντας έτσι την εύκολη ροή τους.

Κάποια άτομα δεν δίνουν «πρόθυμα» τα ηλεκτρόνια τους και ο μηχανισμός που δένει τα άτομα μαζί είναι αρκετά διαφορετικός από υλικό σε υλικό άρα και η ικανότητα διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος διαφέρει. Επί παραδείγματι το

πλαστικό δεν επιτρέπει τη διέλευση ηλεκτρονίων καθώς αυτά συγκρατούνται με μεγαλύτερες δυνάμεις στους πυρήνες τους.

Όταν τα στερεά είναι αγωγίμα, τα ηλεκτρόνια αποκαλούνται από το άτομό τους και ρέουν διαμέσων του στερεού ως ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτό δημιουργεί θετικά και αρνητικά φορτισμένα υλικά, τα οποία με τη σειρά τους έλκουν το ένα το άλλο στην προσπάθειά τους να αποκτήσουν ισορροπία και ουδετερότητα

2.6. Ο ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΩΣ ΑΓΩΓΙΜΟ ΥΛΙΚΟ

Ο άνθρακας, σε ατομικό επίπεδο, έχει την προοπτική να είναι καλός αγωγός εξαιτίας της διαθεσιμότητας ηλεκτρονίων σθένους, τα οποία μπορούν να μεταφερθούν σε άλλα υλικά δημιουργώντας μία ανισορροπία στην αναλογία πρωτονίων ηλεκτρονίων άρα ηλεκτρική φόρτιση. Παρόλα αυτά, δεν είναι όλες οι μορφές του άνθρακα αγωγίμες, εξαρτάται από τη μοριακή δομή. Αν όλα τα ηλεκτρόνια σθένους χρησιμοποιούνται σε δεσμούς, τότε δεν υπάρχουν διαθέσιμα ηλεκτρόνια για μετακίνηση άρα δεν υπάρχει ροή ηλεκτρικού ρεύματος. Για παράδειγμα στη δομή του διαμαντιού, τα τέσσερα ηλεκτρόνια σθένους είναι δεσμευμένα σε άλλα άτομα άνθρακα ως εκ τούτου δεν υπάρχουν διαθέσιμα για μετακίνηση. Εν αντιθέσει ο γραφίτης έχει δεσμευμένα τρία ηλεκτρόνια σθένους και υπάρχει ένα ηλεκτρόνιο ελεύθερο για μετακίνηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1. ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Ο άνθρακας είναι ένα χημικό στοιχείο που παρουσιάζει μία ιδιότητα μοναδική, την ικανότητά του να φτιάχνει ομοιοπολικούς δεσμούς με άλλα άτομα άνθρακα και να δημιουργεί μακρομόρια σε μορφή μακρών αλυσίδων ή πολύπλοκων δομών. Το γεγονός πως πολλά οργανικά συστατικά που χρησιμοποιούνται στα οργανικά ηλεκτρονικά είναι πολυμερή είναι απαραίτητος ένας ορισμός των πολυμερών και των ιδιοτήτων τους.

Ως πολυμερές ορίζουμε ένα μόριο υψηλής μοριακής μάζας, δημιουργημένο από επαναλαμβανόμενες δομικές μονάδες που ονομάζουμε μονομερή σχετικά χαμηλής μοριακής μάζας. Τα μονομερή συνδέονται μεταξύ τους κυρίως με ομοιοπολικούς δεσμούς. Όταν μεγάλος αριθμός μονομερών συνδιαστούν, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με μία διαδικασία που ονομάζεται πολυμερισμός και ομοιοπολικοί δεσμοί δημιουργούνται μεταξύ τους.

Κάποιες παράμετροι κατηγοριοποίησης των πολυμερών είναι:

- Τα χημικά χαρακτηριστικά των μονομερών.
- Η μορφολογία του πολυμερούς μορίου, όπως για παράδειγμα αν είναι γραμμικό ή διακλαδωμένη αλυσίδα.
- Το μέσο μοριακό βάρος ενός και μόνο μοριακού πολυμερούς.
- Ο χωρικός προσανατολισμός της αλυσίδας του πολυμερούς.
- Η μορφολογία του πολυμερούς, δηλαδή ο τρόπος που τα μοριακά πολυμερή τοποθετούνται χωροταξικά σε ένα λεπτό φύλλο ή σε ένα στερεό.

Η μορφολογία του πολυμερούς είναι ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα, κυρίως επειδή πολλές ιδιότητες μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος συνδέονται άμεσα με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του πολυμερούς.

3.2. ΣΤΕΡΕΕΣ ΔΟΜΕΣ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ

Για την κατανόηση των οργανικών ηλεκτρονικών είναι σημαντική η γνώση των ιδιοτήτων των αποκαλούμενων πολυμερικών στερεών. Τα πολυμερικά στερεά ορίζονται ως άκαμπτα σώματα, τα μόρια των οποίων αποτελούνται από πολυμερικές αλυσίδες. Διαφορετικοί τύποι πολυμερών στερεών μπορούν να οριστούν από το ποσοστό κρυσταλλισμού. Ο κρυσταλλισμός στερεών πολυμερών ορίζεται ως η αναλογία μεταξύ του βάρους του κρυσταλλικού ποσοστού σε σχέση με το συνολικό βάρος του στερεού.

Τρεις διαφορετικοί τύποι πολυμερών στερεών μπορούν να διαφοροποιηθούν σύμφωνα με το ποσοστό κρυσταλλισμού:

-Στερεά πολυμερή υψηλού κρυσταλλισμού (κρυσταλλισμός >0.9) : Οι πολυμερές αλυσίδες τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε δημιουργούν κρυστάλλους πάχους από 10 έως 20nm στους οποίους οι παράλληλες αλυσίδες είναι κάθετες στους κρυστάλλους.

-Στερεά πολυμερή ημικρυσταλλισμού ($0.3 < \text{κρυσταλλισμός} < 0.9$): Αυτά τα πολυμερή χαρακτηρίζονται από την παρουσία κρυσταλλικών περιοχών στις οποίες τα μόρια είναι συγκεντρωμένα και περιστοιχίζονται από άμορφες περιοχές στις οποίες τα μόρια είναι τοποθετημένα τυχαία. Τα στερεά αυτά ονομάζονται πολυκρυσταλλικά στερεά.

-Άμορφα πολυμερή στερεά (κρυσταλλισμός < 0.3): Τα μόρια των στερεών αυτών είναι τοποθετημένα τυχαία στον χώρο.

3.3. ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Τα παραδοσιακά μονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα υφάσματα μπορούν να αποκτήσουν αγώγιμες ιδιότητες ενσωματώνοντας σε αυτά μεταλλικές ίνες, μεταλλικά σωματίδια ή αγώγιμα πολυμερή. Οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται ώστε τα υφάσματα να αποκτήσουν αγώγιμες ιδιότητες ποικίλουν αρκετά και έχουν άμεση συνάρτηση με την χρήση που προορίζονται. Η χρήση του υφάσματος θα καθορίσει τους λειτουργικούς παράγοντές του, όπως η απαιτούμενη τάση, η ανθεκτικότητά του, η ελαστικότητά του. Γενικότερα οι διαφορετικές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν μεθόδους όπως:

1. Χρήση αγώγιμων υλικών ως ίνες ή νήματα.
2. Επίστρωση με αγώγιμα υλικά
3. Χρησιμοποιώντας ένα εγγενώς αγώγιμο υλικό ή πολυμερές [10]

3.4. ΧΡΗΣΗ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΩΣ ΙΝΕΣ Η ΝΗΜΑΤΑ

Τα μέταλλα είναι τα πιο αγώγιμα υλικά στον πλανήτη. Έχουν ελατότητα και ευκαμψία. Ιστορικά μεταλλικές κλωστές όπως χρυσές, ασημένιες και χάλκινες έχουν χρησιμοποιηθεί για την διακόσμηση υφασμάτων. Παρόμοιες μεταλλικές κλωστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να αποκτήσουν αγώγιμες ιδιότητες τα υφάσματα.

Τα μέταλλα διακρίνονται για την αντοχή τους και τα υφάσματα για την άνεση που προσφέρουν. Για να παράξουμε επιτυχημένα αγώγιμα νήματα είναι κρίσιμο να αναμείξουμε τα καλύτερα στοιχεία από τα δύο αυτά υλικά. Η ενσωμάτωση αγώγιμων στοιχείων σε παραδοσιακά νήματα οδηγεί σε απώλεια των χαρακτηριστικών των νημάτων όπως η ευκαμψία.

Εκτός από τη χρήση μετάλλων, ίνες από άνθρακα, βασάλτη και πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE) μπορούν να αναμιχθούν με άλλες ίνες ώστε να αποκτηθούν αγώγιμες ιδιότητες στη δομή του υφάσματος.

Μέταλλα όπως ο χρυσός, το ασήμι, ο χαλκός, το ασάλι και το νικέλιο έχουν ηλεκτρική αντίσταση που μπορεί να φτάσει σε τιμές μέχρι και 10^2 Ωμ, ενώ ίνες άνθρακα, βασάλτη, πολυτετραφθοροαιθυλενίου (PTFE) φτάνουν σε τιμές της τάξεως των 10^3 έως 10^8 Ωμ.

Συμπερασματικά η χρήση αγώγιμων υλικών ως ίνες ή νήματα έχουν το μειονέκτημα πως είναι εύθραυστες και αποτυγχάνουν μετά απο κάποιο χρονικό διάστημα με τις καταπονήσεις που δέχονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Η αντίσταση R μίας συρμάτινης ίνας (annular cross-section) με μήκος l μπορεί να υπολογιστεί από τον παρακάτω τύπο:

$$R = (l \cdot \rho) / A = (4 \cdot l \cdot \rho) / (\pi \cdot d^2)$$

Όπου R είναι η αντίσταση του αγωγού [Ω], l είναι το μήκος του αγωγού [m], ρ είναι η ηλεκτρική αντίσταση ενός αγωγού [$\Omega \cdot m$], A είναι η διατομεακή περιοχή [m^2], d είναι η ελάχιστη διάμετρος της ίνας [mm]

Ηλεκτρική αντίσταση ρ , [$\Omega \cdot m$] είναι ένα μέτρο για το πόσο αντιστέκεται ένα σύρμα στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Ο χαλκός έχει αντίσταση $0,0171 \Omega \cdot mm^2/m$ και είναι ένας από τους καλύτερους αγωγούς (ελαφρώς χειρότερος από το καθαρό ασήμι)

$$P = (R \cdot A) / l = (\pi \cdot d^2 \cdot R) / (4 \cdot l)$$

R_s ονομάζεται η αντίσταση σε $\Omega \cdot m$ μεταξύ των άκρων ενός δείγματος ενός μέτρου και μάζας ενός κιλού και οι μονάδες είναι [$(\Omega \cdot g) / cm^2$]. Οι δύο αυτές ποσότητες συνδέονται με τον εξής τύπο:

$$R_s = \rho \cdot D$$

Όπου D είναι η πυκνότητα του υλικού σε kg/m^3

Στην πράξη είναι βολικότερο να εκφράσουμε την αντίσταση R_s σε [$(\Omega \cdot g) / cm^2$]. Με τις μονάδες αυτές η αντίσταση R ενός αυθαίρετου δείγματος δίνεται από τη σχέση:

$$R = R_s \cdot (L / N \cdot T) \cdot 10^5$$

Όπου L είναι η απόσταση μεταξύ των άκρων του δείγματος [cm], N είναι ο αριθμός των ιών ή νημάτων.

4.2. ΑΓΩΓΙΜΕΣ ΙΝΕΣ ΚΑΙ ΝΗΜΑΤΑ

Ως γνωστό οι αγώγιμες ίνες και νήματα είναι ίνες οι οποίες μετά από κατάλληλη επεξεργασία αποκτούν κάποιο ποσοστό αγωγίμου υλικού στη δομή ή στην επιφάνειά τους. Η προσθήκη τέτοιων υλικών, όπως π.χ. μετάλλων, πρέπει να επιτρέπουν τη διατήρηση της άνεσης που προσφέρει το ένδυμα. Εκτός από την άνεση τα υλικά αυτά θα πρέπει να διατηρούν τις αγώγιμες ιδιότητές τους κατά την διάρκεια της ζωής τους αφού θα υποστούν πλύσεις, τριβές, σκισίματα.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες υφάνσιμων αγώγιμων υλικών, όμως κάποιες ιδιότητές τους πρέπει να είναι κοινές. Έχουν χαμηλό σχετικά κόστος και η ενσωμάτωσή τους στο ύφασμα πρέπει να μην παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες. Είναι ελαστικά και έχουν χαμηλό ειδικό βάρος σε σχέση με άλλα μέταλλα ώστε να μην αυξάνεται το συνολικό βάρος του ενδύματος.

4.3. TEXTRONICS

Τα textronics είναι υφαντά ηλεκτρονικά, είναι ο συνδυασμός των λέξεων textiles και electronics. Με άλλα λόγια, είναι ηλεκτρονικά κυκλώματα που μπορούν να υφανθούν πάνω στο ρούχο και να έχουν την ελαστικότητα και την αντοχή που απαιτείται. Εκτός από την πρακτικότητα που προσφέρουν τα κυκλώματα αυτά, δίνουν τη δυνατότητα στον σχεδιαστή ρούχων να πειραματιστεί με διάφορα σχέδια και υλικά αφού τα textronics μπορούν να ενσωματωθούν σε υλικά όπως μαλλί ή μετάξι. [12,13]

4.4. ΥΦΑΝΤΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ

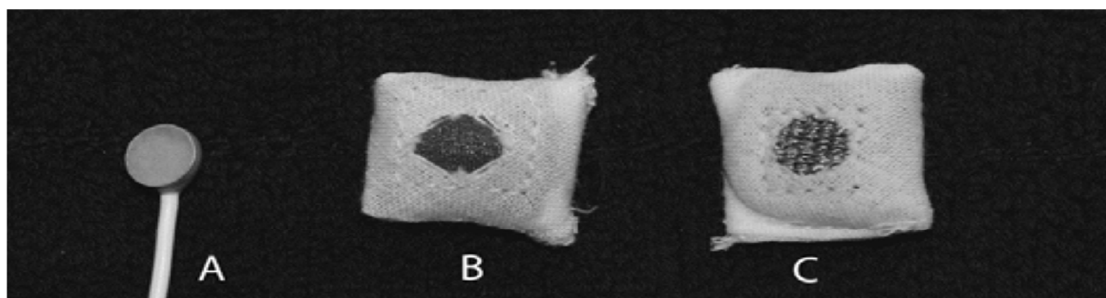
Το υφαντικό ηλεκτρόδιο πρέπει να έχει μορφή ινών και να έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Το πλεονέκτημά του έναντι των κοινών ηλεκτροδίων είναι η μεγαλύτερη ευκαμψία και αντοχή αφού μπορεί να πλυθεί και να αντέξει σε μηχανικές καταπονήσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 1: Textrodes (Υφαντά ηλεκτρόδια)

4.5. TEXTRODES

Τα textrodes είναι αγώγιμοι υφαντικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για παράδειγμα για μετρήσεις πίεσης, υγρασίας, θερμοκρασίας και άλλων. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται κάποιος εύκαμπτος και μαλακός αισθητήρας ώστε να μετρήσει για παράδειγμα την πίεση που ασκείται στο σώμα ενός αθλητή κατά την διάρκεια της προπόνησής του ή ακόμα την πρόληψη επώδυνης πίεσης στο σώμα ενός ασθενούς. [7]



ΕΙΚΟΝΑ 2 : A απλός αισθητήρας B και C υφασμάτινοι αισθητήρες

4.6. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΤΡΑΝΣΙΣΤΟΡ

Οι οργανικοί ημιαγωγοί χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση οργανικών ηλεκτρονικών συσκευών όπως τρανζιστορ, δίοδοι, φωτοδίοδοι και αισθητήρες.

Στα οργανικά τρανσίστορ το ενεργό μέρος είναι ένα λεπτό στρώμα φτιαγμένο από οργανικούς ημιαγωγούς. Παρακάτω παρουσιάζεται το οργανικό τρανσίστορ πεδίου. [5]

4.7. ΟΡΓΑΝΙΚΟ ΤΡΑΝΣΙΣΤΟΡ ΠΕΔΙΟΥ(OFETs)

Στα OFETs ο οργανικός ημιαγωγός τοποθετείται ανάμεσα σε δύο αγώγιμα ηλεκτρόδια, την πηγή και την αποστράγγιση, δημιουργώντας μία περιοχή που αποκαλούμε κανάλι. Η αγωγιμότητα του καναλιού επηρεάζεται από τη χρησιμοποίηση ενός τρίτου ηλεκτροδίου που ονομάζεται πύλη.

Η λειτουργία των OFETs περιγράφεται ως εξής:

Όταν δεν εφαρμόζεται τάση στο ηλεκτρόδιο της πύλης, η ροή ρεύματος ανάμεσα στην πηγή και την αποστράγγιση είναι πολύ μικρό και το τρανσίστορ δεν λειτουργεί. Αυξάνοντας την τάση στην πύλη, ένα φορτίο συσσωρεύεται στο σημείο επαφής μεταξύ του ημιαγωγού και του διηλεκτρικού έτσι ώστε το ρεύμα πύλης-αποστράγγισης αυξάνεται.

Ανάλογα με την θέση του ημιαγωγίμου στρώματος σε σχέση με τα τρία ηλεκτρόδια, παρατηρούνται τέσσερις διαφορετικές γεωμετρίες:

- 1)Επαφή κάτω-πύλη κάτω, όταν και τα τρία ηλεκτρόδια βρίσκονται κάτω από τον ημιαγωγό.
- 2)Επαφή κάτω-πύλη επάνω, όταν οι επαφές της πηγής και της αποστράγγισης είναι κάτω από τον ημιαγωγό και η επαφή της πύλης από επάνω.
- 3)Επαφή επάνω-πύλη κάτω, όταν το ηλεκτρόδιο της πύλης βρίσκεται κάτω από τον ημιαγωγό ενώ τα ηλεκτρόδια της πύλης και της αποστράγγισης βρίσκονται από επάνω.
- 4)Επαφή επάνω-πύλη επάνω,όταν όλα τα ηλεκτρόδια βρίσκονται επάνω από τον ημιαγωγό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1. ΔΟΜΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΝΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Συναντάμε μεγάλη ποικιλία στις δομές των αγώγιμων υφασμάτων που έχουν άμεση σχέση με την τεχνολογία κατασκευής τους:

1. Παραγωγή καθαρά μεταλλικών ινών. Η δομή τους είναι καθαρά μεταλλική και μετράμε την αγωγιμότητα σε όλο το μήκος της ίνας

2. Επιμετάλλωση είναι η διαδικασία όπου μεταλλικά ιόντα απορροφούνται από μία συμβατική μη αγώγιμη ίνα. Στην περίπτωση αυτή η ίνα αποκτά αγωγιμότητα καθ' όλο το μήκος της αλλά με περιορισμένο ρυθμό ο οποίος εξαρτάται από την πυκνότητα του μεταλλικού ιόντος που απορροφάται από την ίνα.

3. Με την μέθοδο της χημικής εναπόθεσης, αγώγιμο υλικό ενσωματώνεται στην ίνα μέσω χημικών διαδικασιών, κάτι που σημαίνει πως οι αγώγιμες ιδιότητες συναντώνται αποκλειστικά στην επιφάνεια των ινών.

4. Εισαγωγή αγώγιμου υλικού, όπως άτομα άνθρακα, κατά την παρασκευή των ινών με τη μέθοδο υγρής κλωστοποίησης. Οι ίνες που κατασκευάζουμε με την τεχνική αυτή μετά από περαιτέρω διαδικασίες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή νημάτων και ρούχων.[18-19,23-24]

5.1.1. Διαδικασία υγρής κλωστοποίησης

Μία από τις οικονομικότερες και ευκολότερες μεθόδους είναι η μίξη κοινών πλαστικών με αγώγιμα συμπληρώματα, όπως μαύρος άνθρακας ή μεταλλικής σκόνης, κατά την διαδικασία της υγρής κλωστοποίησης.

Μία σημαντική αναφορά επιβάλλεται σε αυτό το σημείο όσον αφορά τη διαφορά μεταξύ ηλεκτρικής και της ιοντικής αγωγιμότητας. Στην ηλεκτρική αγωγιμότητα το φορτίο δημιουργείται από ηλεκτρόνια που κινούνται ελεύθερα μέσα στο αγώγιμο ύφασμα. Ο μηχανισμός αυτός συναντάται στις μεταλλικές ίνες που κατασκευάζονται με τη μέθοδο της επιμετάλλωσης υπό την προϋπόθεση πως μεγάλο ποσοστό μετάλλου εναποτίθεται στις ίνες. Στην ιοντική αγωγιμότητα το φορτίο δεν δημιουργείται από την ελεύθερη κίνηση των ηλεκτρονίων αλλά από άλματα των ηλεκτρονίων από τη μία θέση στην άλλη αφήνοντας πίσω τους θετικές σπές και είναι η κίνηση των σπών αυτών που παράγουν το φορτίο. Ο μηχανισμός αυτός συναντάται σε αγώγιμα πολυμερή όπως η πολυπυρρόλη. Η ιοντική είναι

κατώτερη από την ηλεκτρική αγωγιμότητα επειδή υπάρχει πολύ μικρότερος ρυθμός μεταφοράς φορτίου.

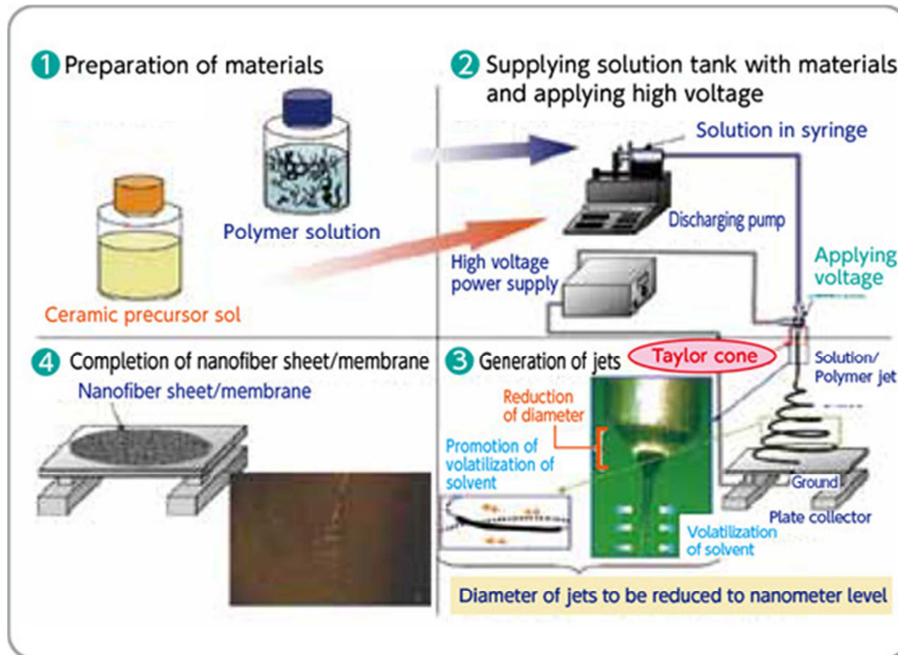
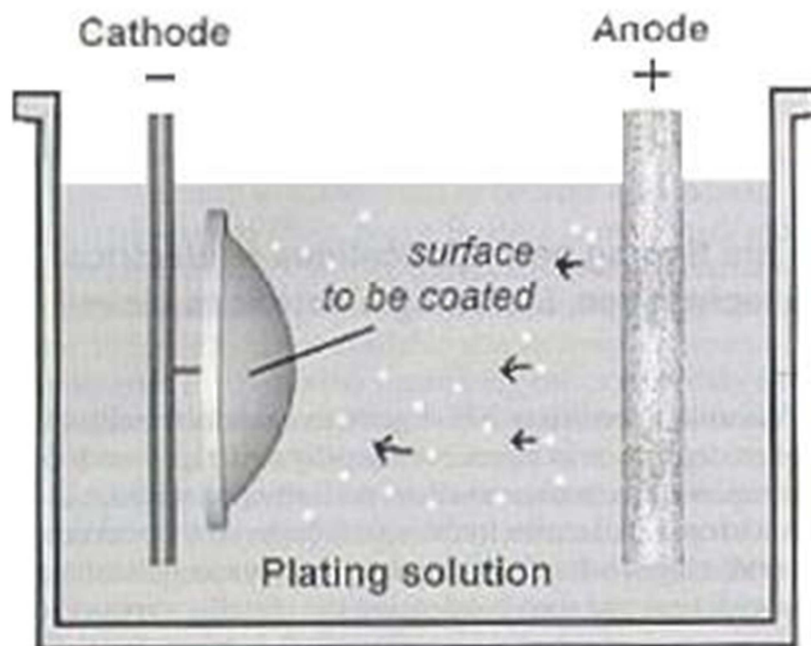


Fig. 1 Principles of electrospinning

Εικόνα 6 : Διαδικασία υγρής κλωστοποίησης

5.1.2. Διαδικασία χημικής εναπόθεσης

Η χημική εναπόθεση διαφορετικών πολυμερών, όπως η πολυπυρρόλη, που κατέχει αγώγιμες ιδιότητες, αποκτάται μέσω της εναπόθεσης του μονομερούς και ακολούθως με τον πολυμερισμό του υπό την παρουσία ενός εκκινητή. Στη μέθοδο αυτή, η επιφάνεια που θέλουμε να επιστρώσουμε εμπλουτίζεται είτε με ένα μονομερές είτε με έναν παράγοντα οξείδωσης και ακολούθως χρησιμοποιείται ένα διάλυμα είτε πάλι με ένα παράγοντα οξείδωσης είτε με ένα μονομερές. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι πως ο πολυμερισμός συμβαίνει αποκλειστικά στην επιφάνεια και δεν υπάρχει διάσπαρτος πολυμερισμός στο διάλυμα. Ο εμπλουτισμός της επιφάνειας από ένα οξείδιο μπορεί να γίνει με τον μηχανισμό ανταλλαγής ιόντων, ή με την εναπόθεση ενός αδιάλυτου στρώματος οξειδίου [20,21].



Εικόνα 7 : Χημική εναπόθεση

Μία εναλλακτική μέθοδος για επικάλυψη είναι ο ηλεκτροπολυμερισμός μονομερών σε ηλεκτρόδια που είναι εμβαπτισμένα σε οργανικό διάλυμα. Η μέθοδος αυτή μας περιορίζει εξαιτίας του γεγονότος πως το ηλεκτρικό ρεύμα πρέπει να είναι ικανό να ρέει στα ηλεκτρόδια. Αυτό προϋποθέτει ότι για να γίνει η επικάλυψη, η αρχική μας ίνα πρέπει να έχει ήδη κάποιες αγώγιμες ιδιότητες.

5.2. ΑΓΩΓΙΜΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Για την δημιουργία αγώγιμων υφασμάτων απαραίτητη είναι η χρήση αγώγιμων νημάτων. Τα ηλεκτρικώς αγώγιμα νήματα κατασκευάζονται από ηλεκτρικώς αγώγιμες ίνες, οι οποίες όπως προαναφέρθηκε μπορούν να μεταφέρουν σήματα από και προς εξαρτήματα όπως πομπούς, δέκτες, αισθητήρες κ.λ.π. [25]

Η πρώτη απόπειρα δημιουργίας τέτοιων αγώγιμων υφασμάτων περιλάμβανε την πλέξη μεταλλικών συρμάτων στο υπάρχον ύφασμα έτσι ώστε να αποκτήσει αγώγιμες ιδιότητες. Η αγωγιμότητα αυτή εξαρτάται τόσο από τη διάμετρο όσο και την πυκνότητα των συρμάτων. Τα προβλήματα με τη μέθοδο αυτή είναι πως η αγωγιμότητα μπορεί να χαθεί εύκολα αν υπάρξει μία ασυνέχεια στα σύρματα λόγω ενός σκισίματος στο ρούχο, όπως επίσης η αύξηση του βάρους και η διάβρωση του μετάλλου με την πάροδο του χρόνου.[26]

Μία άλλη μέθοδος είναι αυτή της διαβροχής ενός υφάσματος με αντιστατικά αντιδραστήρια όπως η ρητίνη άνθρακα. Το μειονέκτημα είναι πως η αγωγιμότητα δεν είναι σταθερή καθώς οι ηλεκτρικές του ιδιότητες δεν είναι σταθερές.

Η επικάλυψη υφασμάτων με τη χρήση αγώγιμων υλικών είναι άλλος ένας τρόπος (Coating fabrics and non-woovens using Conductive substances). Με αυτό τον τρόπο η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να ρυθμιστεί ακριβώς και η παραγωγή των αγώγιμων υλικών είναι εύκολη αφού απαιτείται ένα μόνο επιπλέον στάδιο επεξεργασίας. Η πολυπυρρόλη είναι η αγώγιμη ουσία που χρησιμοποιείται συνήθως. Με τη μέθοδο αυτή τα αρνητικά στοιχεία είναι πως τα νήματα και οι ίνες «κολλάνε» μεταξύ τους και κατά τη διάρκεια χρήσης του υφάσματος επηρεάζεται η αρχική δομή. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορεί να μειωθεί εξαιτίας των κινήσεων των ινών και των νημάτων που ενδέχεται να διακόψουν τη συνέχεια του υλικού επικάλυψης.

Εκτός από τους τρόπους μετατροπής ενός υφάσματος σε αγώγιμο υλικό, μπορούμε να δημιουργήσουμε ύφασμα από υλικά που είναι αγώγιμα.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση πολυμερών με αγώγιμα πληρωτικά υλικά. Η μορφή αυτών των υλικών μπορεί να είναι σκόνη, ίνες, σωματίδια, tubes κ.α.. Τα υλικά αυτά ενσωματώνονται στο πολυμερές δίνοντάς του αγώγιμες ιδιότητες. Η ενσωμάτωση αυτή έχει σκοπό την υψηλή αγωγιμότητα με χαμηλή περιεκτικότητα σε αγώγιμα υλικά. Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι πως για την επίτευξη της αύξησης της αγωγιμότητας, αυξάνεται η ποσότητα του αγώγιμου πληρωτικού υλικού κάτι το οποίο επηρεάζει αρνητικά τις μηχανικές ιδιότητες των ινών και των νημάτων.

5.3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

Η παραγωγή αγώγιμων υφασμάτων έχει αναπτυχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της μεγάλης ζήτησης «έξυπνων» ενδυμάτων που έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν πληροφορίες και να ελέγχουν ζωτικά σημεία στο σώμα ενός ανθρώπου. Σήμερα υπάρχουν περισσότεροι από 15.000 κατασκευαστές αγώγιμων υφασμάτων σε όλο τον κόσμο. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται διαφέρουν μεταξύ τους και είναι:

5.3.1. ΚΕΝΤΗΜΑ

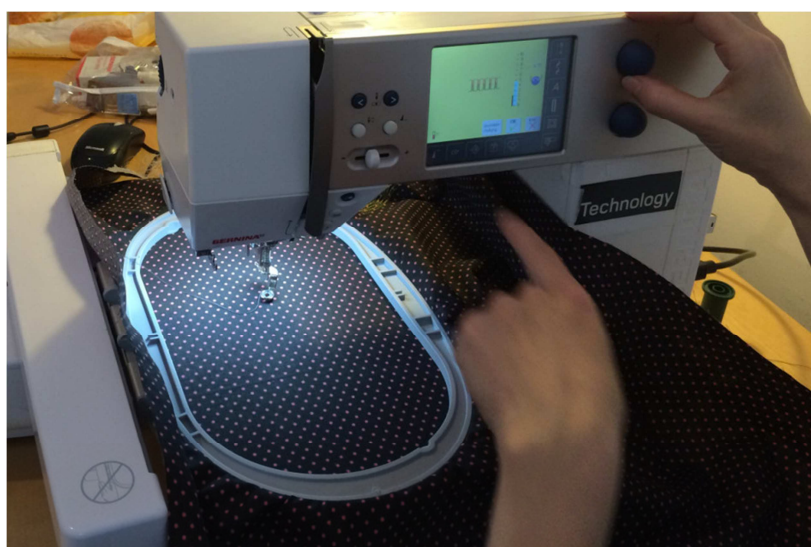
Το κέντημα, είτε στο χέρι είτε στη μηχανή, είναι μία μέθοδος ραψίματος για να δημιουργήσουμε μοτίβα σε υφάσματα με χρωματιστά νήματα (μετάξι, βαμβάκι).

Συνήθως αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για να διακοσμηθούν υφασμάτινες επιφάνειες.

Χρησιμοποιώντας αγώγιμα νήματα με αυτή τη μέθοδο καταφέρνουμε να δημιουργήσουμε:

A) αγώγιμες περιοχές, για χρήσεις όπως κινητά πληκτρολόγια, πλήκτρα πιάνου, και οι οποίες αντικαθιστούν τους παραδοσιακούς αισθητήρες πίεσης.

B) σύνθετα γεωμετρικά αγώγιμα μοτίβα τα οποία αντικαθιστούν τυπωμένα κυκλώματα πλαστικών επιφανειών.



Εικόνα 3 : Κέντημα αισθητήρα

Το πρώτο στάδιο κατασκευής είναι η επιλογή κατάλληλου αγώγιμου νήματος/κλωστής και το υλικό του υφάσματος. Το δεύτερο στάδιο είναι ο σχεδιασμός του κυκλώματος ή της περιοχής που θα τοποθετηθεί το κύκλωμα. Το τρίτο στάδιο είναι η διαδικασία του κεντήματος και ο έλεγχος των αποτελεσμάτων. Τα κυκλώματα αυτά είναι υψηλής αντοχής, έχουν ελαστικότητα, και μπορούν να πλυθούν.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου του κεντήματος είναι ο ακριβής έλεγχος του σχεδίου. Οι αγώγιμες κλωστές πρέπει να είναι αρκετά δυνατές αλλά και εύκαμπτες ώστε να αντέχουν την καταπόνηση από μηχανές κεντήματος υψηλής ταχύτητας διότι σε διαφορετική περίπτωση θα σπάσουν και θα χαθεί η ηλεκτρική τους αγωγιμότητα [28].

5.3.2. ΥΦΑΝΣΗ

Τα υφάσματα Jacquard συνδιάζουν φυσικά και συνθετικά νήματα (βαμβάκι, πολυεστέρας, μετάξι), χρησιμοποιώντας νήμα αντοχής ώστε να αντέξει στις καταπονήσεις σε έναν εργοστασιακό αργαλειό. Αυτές οι απλές δομές λειτουργούν ως πλέγματα και δημιουργούν περιοχές αλληλεπίδρασης και αισθητήρες. Επίσης μπορούν να ενσωματωθούν μικρές ηλεκτρονικές συσκευές όχι μεγαλύτερες από ένα μικρό κουμπί. Αυτά τα πολύ μικρά ηλεκτρονικά στοιχεία μετατρέπουν και καταγράφουν κινήσεις όπως το ανθρώπινο άγγιγμα όπως επίσης μπορούν να “μάθουν” διάφορες κινήσεις χρησιμοποιώντας αλγόριθμους εκμάθησης. Αγγίγματα και κινήσεις γίνονται αντιληπτά από εύκαμπτες υφάνσιμες κατασκευές και μεταδίδονται ασύρματα σε κινητά τηλέφωνα, ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες ενεργοποιούν διαφορετικές εργασίες εφαρμογές στο κινητό και άλλα.



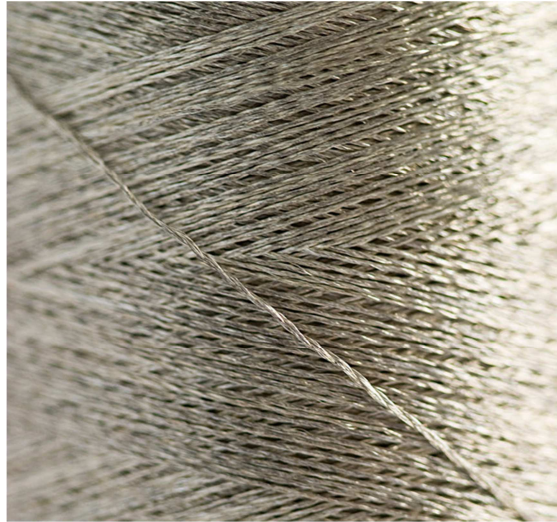
Εικόνα 4 : Ύφανση αισθητήρα

Τα εξαρτήματα που έχουν κατασκευαστεί με την μέθοδο ύφανσης Jacquard έχουν το πλεονέκτημα να παράγονται οικονομικά με μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις τους και στην τοποθέτησή τους, σε μία τεράστια γκάμα σχεδίων.

5.3.3. ΠΛΕΞΙΜΟ

Μια άλλη μέθοδος κατασκευής αγώγιμου υφάσματος είναι η πλέξη αγώγιμων νημάτων σε διάφορους τύπους μηχανών πλέξης. Υπάρχουν κυκλικές πλεκτομηχανές, ευθύγραμμες πλεκτομηχανές αλλά και στημονομηχανές.

Παρόλο που η τεχνική είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση, το αποτέλεσμα είναι παρόμοιο. Ωστόσο η μέθοδος αυτή έχει περιορισμούς στην δημιουργία σχεδίων, διότι η πλεκτή δομή αποτελείται από θηλιές οι οποίες μπλέκονται μεταξύ τους και δημιουργούν μια ενσωματωμένη αγώγιμη επιφάνεια και όχι ένα πολύπλοκο σχέδιο. Ωστόσο σε κάποιες περιπτώσεις το αποτέλεσμα αυτό είναι επιθυμητό.



Εικόνα 5 : Αγώγιμο νήμα

5.4. E-GARMENTS

Τα έξυπνα ενδύματα (e-garments) είναι ενδύματα, στα οποία το κλωστοϋφαντουργικό προϊόν εκτελεί ηλεκτρικές ή ηλεκτρονικές εργασίες. Με τον τρόπο αυτό προσδίδονται στα ρούχα νέες τεχνολογικές δυνατότητες αφού πλέον έχουμε ένα μαλακό ηλεκτρονικό κύκλωμα μέσα στο ύφασμα. Τα ρούχα αυτά μπορούν πλέον να λαμβάνουν σήματα από το περιβάλλον με τη χρήση αισθητήρων κίνησης, θερμότητας, με επεξεργαστές ήχων και να αλληλεπιδρούν ανάλογα με τις συνθήκες και τις απαιτήσεις μέσω μονάδων ελέγχου. Επειδή όμως μιλάμε για ένδυση, η άνεση και η πρακτικότητα του ρούχου πρέπει να βρίσκεται σε υψηλά επίπεδα [29].

Σύμφωνα με τον τρόπο που αντιδρούν τα έξυπνα υφάσματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

1. **Passive smart materials**, (παθητικά έξυπνα υλικά) τα οποία μπορούν μόνο να “αισθανθούν” τις συνθήκες ή ερεθίσματα του περιβάλλοντος
2. **Active smart materials** (ενεργά έξυπνα υλικά) τα οποία μπορούν να “αισθανθούν” και να αλληλεπιδράσουν με τις συνθήκες και τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος.
3. **Very smart materials** (πολύ έξυπνα υλικά) τα οποία αντιλαμβάνονται, αλληλεπιδρούν και προσαρμόζονται κατάλληλα.

4.Intelligent materials (έξυπνα υλικά) είναι αυτά που είναι ικανά να ανταποκρίνονται ή ενεργοποιούνται για να εκτελέσουν μία λειτουργία με τρόπο κυρίως που έχουν προγραμματιστεί να λειτουργούν.

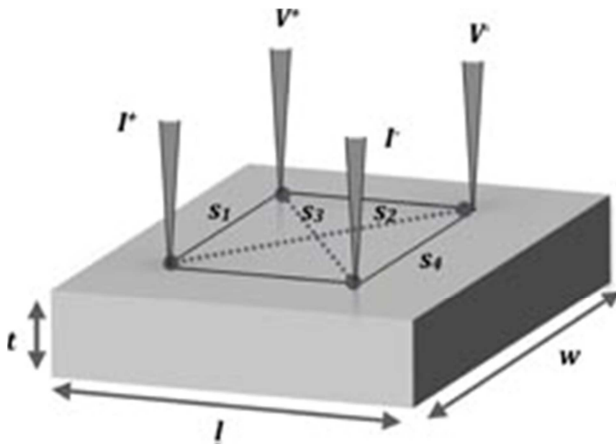
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΣΕ ΑΓΩΓΙΜΑ ΥΦΑΣΜΑΤΑ

Από τη φύση τους οι μετρήσεις αντίστασης είναι εξαρτώμενες από τη γεωμετρία και ευαίσθητες στις συνθήκες των ορίων του δείγματος. Ως αποτέλεσμα πρέπει να υπολογίσουμε πολλούς συντελεστές διόρθωσης. Από τη στιγμή που η μέθοδος τεσσάρων σημείων είναι η πιο αποτελεσματική μέθοδος μέτρησης αντίστασης, μια ποικιλία διορθώσεων έχει αναπτυχθεί. Το πιο συνηθισμένο σχήμα, όσον αφορά το δείγμα που μετράμε, είναι το τετράγωνο.

i) Μέθοδος τεσσάρων σημείων (four-point probe method)

Η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί δύο ζευγάρια ηλεκτροδίων για να επιτύχουμε ακρίβεια σε σύγκριση με τη μέθοδο μέτρησης δύο σημείων. Το εξωτερικό ζευγάρι ηλεκτροδίων τροφοδοτεί με ρεύμα την πειραματική διάταξη ενώ το εσωτερικό ζεύγος μετράει την τάση, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 8 : Μέθοδος τεσσάρων σημείων(four-point probe method)

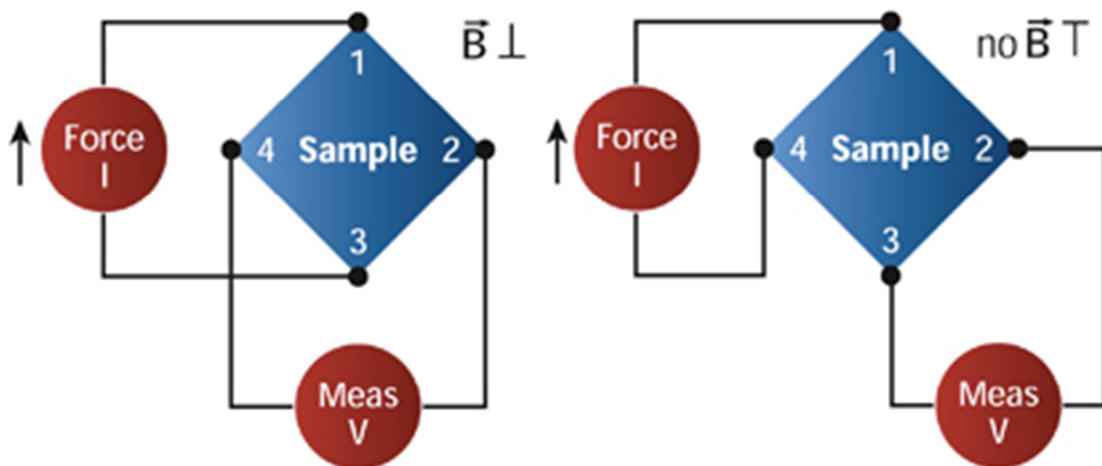
Η επιφανειακή αντίσταση R_{\square} μετριέται με τον εξής τύπο:

$$R_{\square} = \frac{\pi * V}{\ln 2 * I} \quad (1)$$

V είναι η τάση, I είναι το ρεύμα και $\pi/\ln 2$ είναι συντελεστής διόρθωσης.

6.2. ΜΕΘΟΔΟΣ VAN DER PAUW

Η μέθοδος του Van Der Pauw για να μετρήσουμε την αντίσταση υλικών σε μορφή λεπτών φιλμ είναι μία από τις πιο αποτελεσματικές και διαδεδομένες μεθόδους. Ο Van Der Pauw πρότεινε δύο διαφορετικές εξισώσεις και ένα γράφημα ώστε η λειτουργία της διόρθωσης να ισχύει για διαφορετικές γεωμετρίες. Ενώ η μέθοδος τεσσάρων σημείων μπορεί να εφαρμοστεί σε υφάσματα με αγώγιμη επιφάνεια, η μέθοδος Van Der Pauw μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αγώγιμα υφάσματα που είναι καλυμμένα με μία διηλεκτρική στρώση. Αυστηρά μιλώντας, η μέθοδος VDP μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε ομοιογενή στρώματα. Τα υφάσματα δεν έχουν ομοιόμορφη κατανομή ηλεκτρικής αγωγιμότητας εξαιτίας της δομής τους και εξαιτίας της αντίστασης επαφής μεταξύ γειτονικών νημάτων και των πολλών επαφών μεταξύ των συμονιών και των υφιδιών. Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκε πως σε πολλές περιπτώσεις η μέθοδος VDP, μπορεί να είναι αποτελεσματική στο να μετρηθεί η αντίσταση αγώγιμων υφασμάτων.



Εικόνα 9: Μέθοδος Van Der Pauw

Για να μετρήσουμε την επιφανειακή αντίσταση με τη μέθοδο αυτή, τοποθετούμε τέσσερις επαφές στα όρια του αγώγιμου δείγματος.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι επαφές τοποθετούνται σε διάφορες θέσεις πάνω στο προς μέτρηση δείγμα, όπως στο κέντρο κάθε πλευράς, στις γωνίες και αλλού.

Για να είναι ακριβής η μέθοδος αυτή, το δείγμα πρέπει να έχει μικρό και ομοιόμορφο πάχος, να είναι ομοιογενές στη δομή του και συμμετρικό. Τελευταία, αλλά εξίσου σημαντική προϋπόθεση, είναι οι επαφές της διάταξης να είναι στην

περίμετρο του δείγματος και να είναι κατά πολύ μικρότερες από τη μετρούμενη επιφάνεια.

Το κύριο πλεονέκτημα της μεθόδου Van Der Pauw είναι πως μπορεί να εφαρμοστεί σε επιφάνεια με τελείως αυθαίρετο σχήμα.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ισχύει η σχέση:

$$\exp[-\pi*(V1/I1Rs)]+\exp[-\pi*(V2/I2Rs)]=1$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

Η ενσωμάτωση ηλεκτρικών λειτουργιών σε υφάσματα γίνεται ολοένα και πιο σημαντική και επιθυμητή για συσκευές, στρατιωτικές εφαρμογές και για εταιρίες με πολυπληθές εργατικό προσωπικό. Αυτή η τεχνολογία έχει τη δυνατότητα να πραγματοποιεί μεταφορά πληροφοριών και να αυξάνει την αποδοτικότητα σε πολλούς τομείς. Βέβαια τα προϊόντα αυτά πρέπει να είναι ηλεκτρικός αγωγός, αλλά επίσης να παρουσιάζουν μεγάλη ελαστικότητα, να είναι άνετα στο ανθρώπινο σώμα και τη δυνατότητα να αντέχουν πολλαπλές πλύσεις.

Τα ρούχα φοριούνται για μεγάλες χρονικές περιόδους σε άμεση επαφή με το ανθρώπινο δέρμα και ως εκ τούτου είναι ιδανικά στο να καταγράφουν τη φυσιολογία του ανθρώπου. Αγωγός και ευαίσθητος σε πιέσεις υφάσματα έχουν ενσωματωθεί στην ανάπτυξη διαστημικών στολών, ως κουμπιά για το άναμμα φώτων και ως καλώδια που μεταφέρουν σήματα. Αγωγιμες ίνες χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές συρραφής για την αποβολή στατικού ηλεκτρισμού όπως για παράδειγμα μεγάλα, φαρμακευτικού περιεχομένου, δοχεία περιορισμού όπου πολύ λεπτές πούδρες μεταφέρονται από μία εγκατάσταση παρασκευής σε μία άλλη. Επίσης σε αερόσακους πρόσκρουσης που χρησιμοποιούν τα οχήματα που προσγειώνονται στην επιφάνεια του πλανήτη Άρη. Ηλεκτρικά αγωγός ή ημιαγωγός υφάσματα επίσης χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές για την προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές ή την εξασθένηση μικροκυματικής ακτινοβολίας. Η προστασία από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές είναι η πιο κοινή εφαρμογή. Η εφαρμογή αυτή προσφέρει άριστη προστασία και παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα:

1. Κάλυψη του μεγαλύτερου μέρους της επιφάνειας: ο μεγάλος αριθμός των πολύ λεπτών ινών, μαζί με την τάση που έχουν τα συγκεντρωμένα νήματα να πλαταίνουν και να εξαπλώνονται οδηγεί στην σχεδόν εξ'ολοκλήρου κάλυψη της επιφάνειας.
2. Βελτιωμένη προστασία από υψηλές συχνότητες: οι λεπτές ίνες προσφέρουν πολύ υψηλή αναλογία επιφάνειας και όγκου.
3. Μειωμένο βάρος: η μείωση του βάρους είναι ιδιαίτερα σημαντική στην αεροναυπηγική και κάθε γραμμάριο που εξοικονομείται είναι βοηθάει στην ανάπτυξή της.
4. Ελαστικότητα: σχοινιά φτιαγμένα από τέτοιες ίνες έχουν αντικαταστήσει επιτυχώς σχοινιά με χαλκό που παραδοσιακά χρησιμοποιούνταν σε στρατιωτικές εφαρμογές, όπου η ελευθερία των κινήσεων και η αντοχή είναι μείζουσας σημασίας.

5. Συμβατότητα: οι αγώγιμες ίνες είναι άκρως συμβατές με τις συνηθισμένες τεχνικές σχοινοποιείας.

Τα τελευταία χρόνια έχουν κάνει την εμφάνισή τους στην αγορά προηγμένα προϊόντα έξυπνων υφασμάτων, όπως θερμικές κουβέρτες για χρήση σε ανθρώπους ή ζώα, ηλεκτρολογία και έξυπνες μπλούζες που καταγράφουν ζωτικές ενδείξεις. Η έρευνα και η εξέλιξη των έξυπνων υφασμάτων προσανατολίζεται σε τομείς όπως η αυτοτροφοδότηση των υφασμάτων αυτών, οι αισθητήρες, η αντίδραση του έξυπνου ρούχου και η προσαρμογή του σε εξωτερικά ερεθίσματα όπως, πίεση, θερμοκρασία και ηλεκτρικά φορτία. Άλλα παραδείγματα μεγάλων δομών που χρησιμοποιούν πολύ λεπτά, μεγάλα και εύκαμπτα κυκλώματα για χρήση στο διάστημα περιλαμβάνουν: ραντάρ συνθετικού διαφράγματος (SAR), κεραιές αντανάκλασης για τις τηλεπικοινωνίες και ενεργά αντανάκλαστικά ηλιακά πανιά.

7.2. ΧΑΡΑΚΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΓΩΓΙΜΩΝ ΚΛΩΣΤΟΪΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΔΟΜΩΝ

7.2.1. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η πρόοδος των ηλεκτρονικών συστημάτων έχει οδηγήσει στην μείωση του μεγέθους των εξαρτημάτων αυτών και στη μείωση της απόστασης που μπορούν να τοποθετηθούν μέσα σε ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα. Ωστόσο, τοποθετώντας περισσότερα ηλεκτρονικά συστήματα σε μικρότερο χώρο, δημιουργείται το ζήτημα της ηλεκτρομαγνητικής παρεμβολής μεταξύ των συστημάτων αυτών εξαιτίας της ακτινοβολίας. Τα συστήματα αυτά εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα με συνέπεια τη μειωμένη απόδοση ή και την καταστροφή των εμπλεκόμενων κυκλωμάτων (Krishnasamy Jagatheesan, 2014). [6]

Το ανθρώπινο σώμα είναι ευάλωτο στα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της θερμοκρασίας στις φλέβες ευαίσθητων οργάνων εξαιτίας των κυμάτων αυτών, τα οποία δεν διαχέονται εύκολα αλλά αντίθετα εισχωρούν στον ανθρώπινο ιστό. Η θωράκιση από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι πολύ σημαντική για την σωστή λειτουργία των συστημάτων και ακόμα πιο σημαντική για την υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αποτελούνται από ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Τα πεδία αυτά μπορούν να εξουδετερωθούν με διάφορους τρόπους όπως η ανάκλαση και η απορρόφησή τους. Τα σήματα χαμηλής συχνότητας αντιμετωπίζονται με τη μέθοδο της ανάκλασης και τα σήματα υψηλής συχνότητας με τη μέθοδο της απορρόφησης [8].

Στη σύγχρονη κοινωνία η έκθεση του ανθρώπινου σώματος στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι καθημερινό φαινόμενο. Η ακτινοβολία αυτή είναι ικανή να καταστρέψει ανθρώπινα κύτταρα και ιστούς, κάτι που εξαρτάται από τη συχνότητα,

την ένταση του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου, την κατεύθυνση και την πόλωση των κυμάτων. Όταν τα κύματα αυτά έρχονται σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα, το μεγαλύτερο μέρος τους απορροφάται από τον ανθρώπινο ιστό, με συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος, ενώ ένα μικρότερο μέρος μεταδίδεται [15].

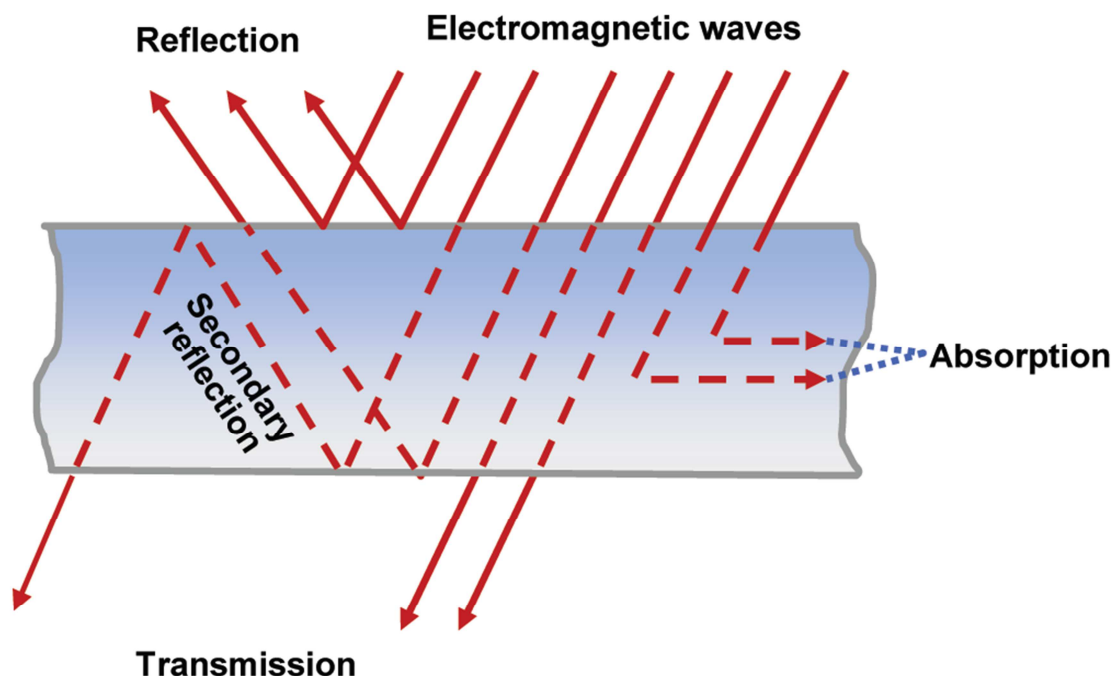
Όταν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα προσπίπτει σε μία επιφάνεια υπόκειται σε τέσσερις διαφορετικούς μηχανισμούς που είναι η ανάκλαση, η πολλαπλή ανάκλαση, η απορρόφηση και η μετάδοση.

Η ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων συμβαίνει όταν το υλικό στο οποίο προσπίπτει, είναι κατασκευασμένο από υλικά υψηλής αγωγιμότητας.

Η πολλαπλή ανάκλαση συμβαίνει όταν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα διεισδύσει στο υλικό και ανακλάται πολλές φορές μέσα στον όγκο του.

Η απορρόφηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων συμβαίνει όταν το υλικό περιέχει ηλεκτρικά ή μαγνητικά δίπολα ώστε να αλληλεπιδρούν με το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Τα ηλεκτρικά δίπολα μέσα στο σώμα εξουδετερώνουν το ηλεκτρικό πεδίο μετατρέποντάς το σε θερμότητα.

Η μετάδοση συμβαίνει όταν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαπερνούν το σώμα χωρίς καμμία αλληλεπίδραση με αυτό. Μονωτές όπως το γυαλί ή ο πολυεστέρας μεταδίδουν σχεδόν όλο τον όγκο των κυμάτων.



Εικόνα 10 : Ανάκλαση, πολλαπλή ανάκλαση, απορρόφηση και μετάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

Πολλά υλικά διατίθενται στο εμπόριο για κατασκευή «ασπίδων» κατά της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Κάποιες εταιρίες εμπορεύονται ανθρακονήματα

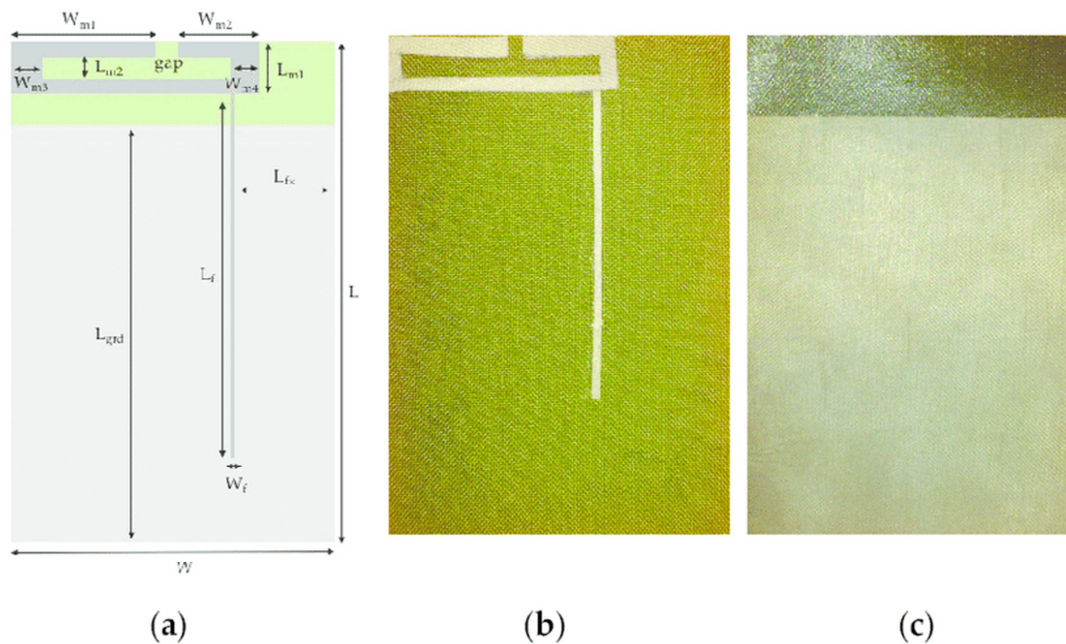
με μεταλλικές επικαλύψεις όπως το νικέλιο, ο χαλκός ή και συνδιασμούς των μετάλλων αυτών. Υλικάφτιαγμένα απο τα νήματα αυτά είναι κατάλληλα για χρήση στην αεροδιαστημική, στην κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων αλλά και στον τομέα της ιατρικής. Ένα μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος της μεθόδου αυτής αφού μπορεί να κοστίζει απο τρεις έως δέκα φορές περισσότερο απο την κατασκευή συμβατικών ανθρακονημάτων.

7.2.2. ΚΛΩΣΤΟΥΦΑΝΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

Η σύνδεση ηλεκτρονικών συσκευών σε ασύρματα δίκτυα είναι απαραίτητη στη σύγχρονη κοινωνία. Η ανάπτυξη των συσκευών αυτών έχει ως γνώμονα τη δυνατότητά τους να αναγνωρίζονται, να επικοινωνούν και να αλληλεπιδρούν. Τα έξυπνα ενδύματα δεν ξεφεύγουν απο το πλαίσιο αυτό και μεγάλο κομμάτι της έρευνας έχει αφιερωθεί στην ανάπτυξη ενσωματωμένων κεραιών για τη δικτύωσή τους. Τα συστήματα ασύρματης επικοινωνίας αποτελούνται απο πολλά ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία με την ανάπτυξη της τεχνολογίας έχουν ελαχιστοποιήσει το μέγεθός τους και έχουν γίνει πιο εύκαμπτα. Στην περίπτωση των έξυπνων ενδυμάτων η ενσωμάτωση κεραιών παρουσιάζει δυσκολίες εξαιτίας του οτι συνήθως τοποθετούνται σε άκαμπτα υποστρώματα, κάτι που δεν συνάδει με τα ενδύματα που είναι εύκαμπτα και πρέπει να προσφέρουν άνεση στον χρήστη. Για το λόγο αυτό οι κλωστοφαιουργικές κεραιές σχεδιάζονται με παραδοσιακές τεχνικές ύφανσης σε συνδιασμό με νέες τεχνολογίες για τη διατήρηση της άνεσης και της εργονομίας του ρούχου. [8]

Για να είναι λειτουργικές οι κεραιές αυτές πρέπει να είναι λεπτές, ελαφριές, να έχουν εύκολη ή μηδαμινή συντήρηση, να είναι γερές, να μην επηρεάζεται η λειτουργία τους απο την πολλαπλή χρήση αλλά και τα πλυσίματα και τέλος να μην είναι κοστοβόρα η κατασκευή αλλά και η διάθεσή τους στο εμπόριο.

Οι κεραιές αυτές συνήθως δημιουργούνται τοποθετώντας αγώγιμα στρώματα πάνω απο στρώματα με διηλεκτρικό υλικό. Είναι σημαντικό λοιπόν να γνωρίζουμε τις ιδιότητες των υφασμάτων υλικών όπως και τις τεχνικές κόλλησης των στρωμάτων αυτών μεταξύ τους. Οι κεραιές microstrip patch εκπέμπουν ακτινοβολία κάθετα ως προς το έδαφος κάτι που λειτουργεί σαν «ασπίδα» στην ακτινοβολία αυτή, εξασφαλίζοντας πως το ανθρώπινο σώμα δέχεται ένα ελάχιστο μέρος της.



Εικόνα 11 : Κλωστοϋφαντουργική κεραία. (a) σχεδίαση κεραίας dual band (b) μπροστά και (c) πίσω

Η ενσωμάτωση ηλεκτρονικών συσκευών στα ενδύματα εγείρει το ζήτημα της τροφοδοτήσής τους. Οι μπαταρίες δεν συνίστανται λόγω του μεγέθους τους, του βάρους τους και της ανάγκης αντικατάστασής τους. Στο πλαίσιο αυτό έχουν γίνει έρευνες για την κατασκευή εξαρτημάτων που απορροφούν και εκμεταλεύονται ενεργειακά τις ραδιοσυχνότητες. Οι ραδιοσυχνότητες μεταδίδονται από εκατομμύρια πομπούς σε όλο τον πλανήτη και αυτό τις κάνει ιδανικές για συλλογή και την χρήση τους [8].

8.2.4. ΚΛΙΜΑΤΙΖΟΜΕΝΑ ΕΝΔΥΜΑΤΑ

Μία σπουδαία εφαρμογή των έξυπνων ενδυμάτων είναι τα κλιματιζόμενα ενδύματα. Τα ενδύματα αυτά έχουν την ικανότητα να παράγουν θερμότητα χρησιμοποιώντας ηλεκτρικά αγώγιμα υφάσματα. Το ηλεκτρικό ρεύμα διασχίζει τα νήματα που αποτελούν το ύφασμα, τα οποία λειτουργούν ως αντιστάσεις, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου Joule. Στα κλιματιζόμενα ενδύματα ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι άμεσα συνδεδεμένος με τον έλεγχο της τάσης ή του ρεύματος. Είναι κρίσιμη λοιπόν η ακρίβεια της μέτρησης της αντίστασης των αγώγιμων ινών. Η συνθήκη αυτή είναι δύσκολο να επιτευχθεί καθώς η αντίσταση των ινών μπορεί να διαφοροποιηθεί εξαιτίας της κατάστασης λειτουργίας, της χρήσης ή την κατάσταση φόρτου του ενδύματος σε σχέση με την μετρούμενη αντίσταση των ινών πριν την εισαγωγή τους στο ένδυμα. Ένας τρόπος ώστε να μην παρατηρείται τέτοια διαφοροποίηση στην τιμή της

ηλεκτρικής αντίστασης είναι η εξασφάλιση των επαφών ανάμεσα σε δύο αγώγιμες ίνες έτσι ώστε να παραμένουν σταθερά συνδεδεμένες μεταξύ τους παρά την μηχανική καταπόνηση κατά την χρήση του ενδύματος που μπορεί να οδηγήσει σε προσωρινές ή μόνιμες πλαστικές ή ελαστικές παραμορφώσεις [16].



Εικόνα 12 : κλιματιζόμενο ένδυμα

7.3. ΥΦΑΝΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΤΑ ΕΞΥΠΝΑ ΕΝΔΥΜΑΤΑ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΡΟΝΤΙΔΑ

Ένα ένδυμα με τη δυνατότητα να ελέγχει καρδιακούς παλμούς, αρτηριακή πίεση, θερμοκρασία σώματος και άλλες σημαντικές ενδείξεις μπορεί να οδηγήσει στην βελτίωση της καθημερινότητας ενός χρόνια ασθενούς, ο οποίος χωρίς το ένδυμα αυτό θα έπρεπε να βρίσκεται υπό συνεχή παρακολούθηση σε κάποιο νοσοκομείο [30].

Με το ειδικό αυτό ένδυμα όμως η παρακολούθηση αυτή θα μπορεί να γίνεται μέσω διαδικτύου, κάτι που κάθε ασθενής θα ήθελε, απολαμβάνοντας την άνεση του οικογενειακού του περιβάλλοντος σε αντίθεση με τους περιορισμούς του νοσοκομείου. Η πρόληψη που προσφέρει αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική

αν αναλογιστούμε πως η παρακολούθηση του ασθενούς γίνεται 24 ώρες το 24ωρο, καθώς δεν επιβάλλεται άμεση επαφή με γιατρούς και νοσοκομειακά μηχανήματα. Αντιθέτως από την θαλπωρή του σπιτιού του, ο ασθενής εξασφαλίζει πως οι ζωτικές του ενδείξεις καταγράφονται και αποστέλονται στον γιατρό που τον παρακολουθεί και μάλιστα σε βάθος ημερών ακόμα και μηνών, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη αντιμετώπιση της κατάστασής του. Ακόμα και λειτουργίες όπως ένα καρδιογράφημα μπορούν να επιτελεστούν σε σύντομο χρονικό διάστημα, χωρίς ο ασθενής να αποσπάται από τις εργασίες και υποχρεώσεις του. Το έξυπνο ένδυμα θα χρησιμοποιήσει το κινητό τηλέφωνο του ασθενούς, ώστε να μεταφέρει τις μετρούμενες τιμές μέσω κάποιου εξυπηρετητή (server) και με τη βοήθεια κατάλληλου λογισμικού να τις αποκωδικοποιήσει. Σε περίπτωση που οι τιμές αυτές είναι εκτός των επιτρεπομένων ορίων, θα ειδοποιείται ο θεράπων ιατρός μέσω μηνύματος στο κινητό και στο ηλεκτρονικό του ταχυδρομείο ώστε να αντιδράσει άμεσα.

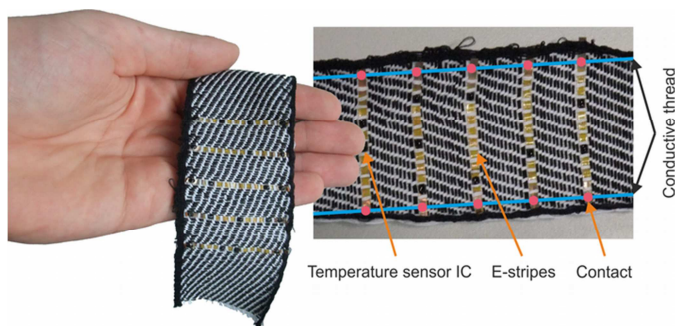
Οι υφαντοί αισθητήρες μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις γενικές κατηγορίες σύμφωνα με τη δομή τους [26].

- Βασισμένοι στην ίνα, όταν ο αισθητήρας είναι μία μόνη ίνα.
- Κατασκευασμένοι από ύφασμα, όταν όλα τα συστατικά του μορφοτροπέα είναι υφασμάτινα υλικά.
- Βασισμένοι στο ύφασμα, όταν το ύφασμα είναι στο υπόστρωμα αλλά αδιάσπαστο μέρος του μορφοτροπέα.
- Ενσωματωμένοι στο ύφασμα, όταν το ύφασμα εμπεριέχει τον μορφοτροπέα.

Μία άλλη κατηγοριοποίηση που μπορεί να γίνει είναι ανάλογα με την λειτουργία του αισθητήρα.

- Τα υφαντά ηλεκτρόδια χωρίζονται σε ενεργητικά και παθητικά. Τα παθητικά ηλεκτρόδια είναι υφαντοί αισθητήρες που «αντιλαμβάνονται» ηλεκτρικά σήματα. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται είναι στην μέτρηση παλμών, στην ανάλυση της μεταβλητότητας των καρδιακών παλμών, στο ηλεκτροκαρδιογράφημα και στην εγγραφή ηλεκτρομυογραφίας. Τα ενεργητικά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται για ηλεκτρική διέγερση. Τέτοια ηλεκτρόδια μορφοποιούν το ηλεκτρικό ρεύμα ώστε να το εφαρμόσουν στην επιφάνεια του δέρματος ώστε να ενεργοποιήσουν το στοχευμένο νευρικό ιστό ή άλλο σημείο του σώματος ώστε να επιτευχθεί ανακούφιση του πόνου μέσω ηλεκτρικής διέγερσης των νεύρων.
- Οι θερμοκρασιακοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να μετρήσουν την παραγωγή θερμότητας ή την απώλεια θερμότητας ενός σώματος. Στην ιατρική αξιολόγηση μία σημαντική πληροφορία είναι η

θερμοκρασία πυρήνα. Η θερμοκρασία αυτή είναι η σταθερή θερμοκρασία στα βαθύτερα σημεία του σώματος. Εξίσου σημαντική είναι η θερμοκρασία κελύφους η οποία μετριέται στην επιφάνεια του δέρματος όπως επίσης στα χέρια και στα πόδια. Οι θερμοκρασιακοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές αξιολόγησης της φυσιολογίας, στον έλεγχο και καλυτέρευση της κατάστασης του ασθενούς και την παρακολούθηση της επούλωσης πληγών.



Εικόνα 13. Θερμοκρασιακός αισθητήρας

Οι αισθητήρες ρυθμού αναπνοής είναι ένα άλλο είδος αισθητήρων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ιατρική. Η εισπνοή και η εκπνοή συνδέονται άμεσα με την κίνηση του στήθους. Αισθητήρες πίεσης μπορούν να διακρίνουν με ακρίβεια την κίνηση αυτή και να καταγράψουν το ρυθμό αναπνοής. Ως αποτέλεσμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες ιατρικές περιπτώσεις αλλά και στον αθλητισμό όπου ένας αθλητής μπορεί να παρακολουθεί τον ρυθμό αναπνοής του για την καλύτερη οργάνωση του προγράμματος προπόνησής του με ελαχιστοποίηση των κινδύνων για την υγεία.



Εικόνα 14 : Ένδυμα με αισθητήρα αναπνοής

Ένα άλλο είδος αισθητήρων είναι οι αισθητήρες ανάλυσης της κινησιολογίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε θεραπείες αποκατάστασης του σκελετικού συστήματος με τη χρήση οπτικών ινών και πιεζοηλεκτρικών εξαρτημάτων.



Εικόνα 15 : Αισθητήρες ανάλυσης κινησιολογίας

Το επίπεδο pH του ανθρώπινου οργανισμού είναι μια άλλη σημαντική παράμετρος στην παρακολούθηση επούλωσης πληγών. Έτσι αισθητήρες που μετρούν τα επίπεδα pH στο ανθρώπινο σώμα αναπτύσσονται ραγδαία.

7.4. INTERNET OF THINGS (IOT)

Το internet of things (IOT) αποτελεί το επόμενο μεγάλο βήμα στον χώρο της τεχνολογίας, με τη διαφορά ότι φέρνει μεγάλες αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας των επιχειρήσεων. Ενδεικτικά αναφέρουμε μελέτη της εταιρίας ερευνών Gartner, η οποία προβλέπει ότι το internet of things θα επιφέρει μια οικονομική πρόσθετη αξία της τάξης των 1,9 τρισεκατομμυρίων δολαρίων, μέχρι το έτος 2020.

Υπολογίζεται ότι ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών θα φτάσει τον αριθμό των 26 δισεκατομμυρίων, ενώ οι πληροφορίες που διαχειρίζονται οι επιχειρήσεις θα αυξηθεί έως και 14 φορές [17].

Σύμφωνα με την Gartner, στο IOT θα περιλαμβάνονται συσκευές που δεν θα είναι απαραίτητα συνδεδεμένες στο διαδίκτυο, αλλά θα μπορούν να είναι συνδεδεμένες σε τοπικά δίκτυα. Επιπρόσθετα το IOT επεκτείνεται πέρα από τις ανθρωποκεντρικές συσκευές (δηλαδή συσκευές με περιβάλλον χρήσης και επικοινωνίας), σε συσκευές όπως οι θερμοστάτες του μελλοντικού «έξυπνου» σπιτιού, οι βιομηχανικοί αισθητήρες και οι δικτυωμένες κάμερες ασφαλείας.

Συνολικά, τα επόμενα χρόνια αναμένεται μία έξαρση του αριθμού των συνδεδεμένων συσκευών, των τοποθεσιών που αυτές βρίσκονται και φυσικά των λειτουργιών που αυτές εκτελούν. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε για τα μελλοντικά νοσοκομεία, πως θα υπάρχει πληθώρα συσκευών οι οποίες θα βρίσκονται συνδεδεμένες με τους σταθμούς παρακολούθησης ασθενών του νοσηλευτικού προσωπικού.

Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπου απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση της ροής των χρησιμοποιούμενων υλικών ώστε να αυξάνεται η παραγωγικότητα. Αισθητήρες προσδιορισμού θέσης θα είναι τοποθετημένοι στα υλικά που κινούνται πάνω σε μία γραμμή παραγωγής και που στη συνέχεια αποθηκεύονται. Οι ίδιοι αισθητήρες μπορεί να βρίσκονται σε ανυψωτικά μηχανήματα, σε παλέτες και σε εργαζόμενους ώστε μέσω ενός κεντρικά διαχειριζόμενου λογισμικού να δίνονται οδηγίες σε πραγματικό χρόνο.

Σε σπίτια, γραφεία και χώρους εργασίας, αισθητήρες θα μπορούν να παρακολουθούν τα δίκτυα κοινής ωφέλειας και να προσφέρουν έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση πτώσης του ηλεκτρικού ρεύματος, διαρροής νερού και υπερφόρτωσης του ηλεκτρικού δικτύου. Τα δεδομένα που θα συγκεντρώνονται θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της απόδοσης, να εντοπίζουν ανάγκες και να προβλέπουν ειδικές απαιτήσεις. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Όσλο, όπου με τέτοιου είδους έξυπνες λύσεις επιτεύχθηκε μείωση στο κόστος ενέργειας κατά 62%.

Στο ίδιο μήκος κύματος κινούνται και οι χρήσεις των έξυπνων ενδυμάτων. Αισθητήρες παρακολούθησης των καρδιακών παλμών σε συνδυασμό με εφαρμογές κινητών που μετρούν βήματα και αποστάσεις που έχουμε διανύσει είναι από τις πιο κοινές εφαρμογές του IOT.

Συσκευές που μπορούμε να φοράμε, όπως ένα smartwatch, ένα band, ένα ζευγάρι έξυπνα γυαλιά ή ακόμα και ένα smartphone θα μπορεί, μέσω ειδικής υπηρεσίας, να

συγκεντρώνει δεδομένα τα οποία θα διαμοιράζει σε μέσα κοινωνικής δικτύωσης, στον προσωπικό μας γυμναστή ή πολύ περισσότερο στον γιατρό μας.

7.5. Μελλοντική έρευνα έξυπνων υφασμάτων

Οι βασικές δομικές μονάδες των έξυπνων υφασμάτων είναι οι ηλεκτρικά αγώγιμες ίνες και νήματα. Η βιομηχανία των υφασμάτων έχει επιδείξει μία αξιοπρόσεχτη ικανότητα να ενσωματώνει φυσικές αλλά και τεχνητές ίνες σε νήματα και υφάσματα που ικανοποιούν μια μεγάλη ποικιλία φυσικών παραμέτρων που πρέπει να ακολουθούν ώστε να είναι ικανά να ανταπεξέλθουν την διαδικασία παραγωγής και την ενσωμάτωσή τους σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα εφαρμογών. Ηλεκτρονικά εξαρτήματα μπορούν να τοποθετηθούν μέσα ή πάνω στην επιφάνεια των νημάτων και ακολούθως να επεξεργαστούν σε λειτουργικά νήματα [14]. Παθητικά στοιχεία, όπως αντιστάσεις και πυκνωτές, μπορούν να κατασκευαστούν με πολλούς τρόπους. Δίοδοι και τρανζίστορ μπορούν να φτιαχτούν σε μακριές, λεπτές και επίπεδες ίνες σιλικόνης. Επίσης πρόοδος έχει επιτευχθεί στη δημιουργία μπαταριών και ηλιακών κυψελών τόσο μικρών ώστε να ενσωματώνονται στο ρουχισμό. [28,32,33]

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Α/Α	ΤΙΤΛΟΣ	ΠΗΓΗ	ΣΕΛΙΔΑ
EIKONA 1	Textrodes (Υφαντά ηλεκτρόδια)	https://www.japanbullet.com/technology/new-electrode-material-suited-to-be-woven-into-underwares	24
EIKONA 2	Υφασμάτινοι αισθητήρες	http://www.mdpi.com/1424-8220/12/12/16907/htm	24
EIKONA 3	Κεντημένος αισθητήρας	http://www.stitchingworlds.net/experimentation/machine-embroidery-part-1/	28
EIKONA 4	Υφανση αισθητήρα	http://www.everlasting.lk/news/lifestyle/googles-project-jacquard-wants-to-make-wearables-truly-wearable	29
EIKONA 5	Αγώγιμο νήμα	Πηγή: http://omgheart.com/2012/09/21/conductive-thread-for-the-crafty-techy/	30
EIKONA 6	Υγρή κλωστοποίηση	Πηγή: http://www.meccnano.com/technology01.html	32
EIKONA 7	Χημική εναπόθεση	Πηγή: http://www.swicofil.com/textile_metallization.html	33
EIKONA 8	Μέθοδος τεσσάρων σημείων(four- point probe method)	I Miccoli, F Edler ¹ , H Pfnür and C Tegenkamp, The 100th anniversary of the four-point probe technique: the role of probe geometries in isotropic and anisotropic systems, Journal of Physics: Condensed Matter, Volume 27, Number 2218 May 2015,	34
EIKONA 9	Μέθοδος Van Der Pauw	Robert Green, Hall effect measurements in materials characterization	35
EIKONA 10	Ανάκλαση, πολλαπλή ανάκλαση, απορρόφηση και μετάδοση ηλεκτρομαγνη τικού κύματος	http://article.sapub.org/10.5923.j.safety.20130202.01.html	40
EIKONA 11	Κλωστουφαντ ουργική κεραία	https://www.researchgate.net/publication/304251265_Smart_Coat_with_a_Fully-Embedded_Textile_Antenna_for_IoT_Applications	41

EIKONA 12	Κλιματιζόμενο ένδυμα	Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια, Σαν Ντιέγκο	42
EIKONA 13	Θερμοκρασιακ ός αισθητήρας	https://www.ethz.ch/content/specialinterest/institut/electronics-lab/en/research/flexible-electronics-and-smart-textiles/smart-textiles.html	44
EIKONA 14	Ένδυμα με αισθητήρα αναπνοής	https://www.theengineer.co.uk/embedded-sensor-provides-real-time-respiratory-rate/	45
EIKONA 15	Αισθητήρες ανάλυσης κινησιολογίας	http://www.kobakant.at/DIY/?p=6730	45

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] G. Priniotakis, A wearable Sensor System for diagnosis of Heart Abnormalities, Acta Univeritatis Cibiniensis, Technical Series, vol. LIII, ISSN 1583-7149, (2009) 3.
- [2] Κωνσταντίνος Παπαγιάννης, « Ευφυή φορετά συστήματα υγείας », ΕΜΠ σελ. 11-20.
- [3] L. Van Langenhove, C. Hertleer, G. Priniotakis, P. Westbroek, Textile sensors for healthcare, Section in Smart textiles for Medecine and healthcare, Edited by L. Van Langenhove, Woodhead Publishing Ltd., UK. 2007.
- [4] Μιρέλλα Βαξεβανίδη, « Τηλεματικές εφαρμογές με χρήση έξυπνων ινών και υφασμάτων », ΤΕΙ Πειραιά σελ. 34-40.
- [5] Georgios Priniotakis, Electrotexiles: A Novel Product for the Textile Industry, Chapter 15 in Strategic Marketing in Fragile Economic Conditions, (2014) 8 pages, DOI: 10.4018/978-1-4666-6232-2.
- [6] Ευθυμία Μουτσιανά, « Πολυλειτουργικό ένδυμα για έλεγχο και καταγραφή βιοσημάτων », ΤΕΙ Πειραιά σελ. 21-22, 25-26.
- [7] Viktorija Mecnika, M.H. « Smart textiles for healthcare: applications and technologies ».
- [8] Caroline Loss, Ricardo Goncalves, Catarina Lopes, Pedro Pinho, Rita Salvado, « Smart coat with a fully-embedded textile antenna for IoT applications », σελ. 7-9.
- [9] Giorgio Mattana, « Realisation and characterization of organic electronic devices for e-textile applications », σελ. 32-36.
- [10] G. Priniotakis; P. Westbroek; L. Van Langenhove; P. Kiekens, An Electrochemical cell as simulator for the human body to study the behaviors and properties of textile Electrodes, International Journal of Clothing Science and Technology (IJCST) ISSN 0955-6222, 3/4, (2005) 17.
- [11] P. Westbroek, G. Priniotakis, P. Kiekens, Analytical Electrochemistry in Textiles, Woodhead Publishing Ltd., UK, 2005.
- [12] P. Westbroek, G. Priniotakis, L. Van Langenhove and P. Kiekens; Quality Control of Textile Electrodes by Electrochemical Impedance Spectroscopy; Textile Research Journal 76(2), (2006), 152-159.
- [13] G. Priniotakis; P. Westbroek; L. Van Langenhove; C. Hertleer, Electrochemical impedance spectroscopy as n objective method for characterization of textile

electrodes, Transactions of the Institute of Measurement and Control, 8 (2007) 29, 271 - 281.

[14] Optimizing the geometric characteristics of a fibre-based Textile Organic Field Effect Transistor using TCAD simulation tool, G. Priniotakis, E. Louris, 12th Joint International Conference CLOTECH 2017, October 13th 2017.

[15] Krishnasamy Jagatheesan, A.R. «Electromagnetic shielding behavior of conductive filler composites and conductive fabrics», Indian journal of fibre and textile research, σελ. 1-4.

[16] Weiss M. Retrieved from: <https://www.google.com/patents/US6977360>.

[17] Γεώργιος Πολύζος, «Η εποχή του Internet of Things», Ναυτεμπορική σελ. 1-2.

[18] E. Gasana, P. Westbroek, J. Hakuzimana, K. De Clerck, G. Priniotakis, P. Kiekens, D. Tseles, Electroconductive textile structures through electroless deposition of polypyrrole and copper at polyaramide surfaces, Surface and Coatings Technology, 201, December, (2006) 6, 3547-3551.

[19]

A. Schwarz, J. Hakuzimana, A. Kaczynska, J. Banaszczyk, P. Westbroek, E. McAdams, G. Moody, Y. Chronis, G. Priniotakis, G. De May, D. Tseles, L. Van Langenhove, Gold coated para-aramid yarns through electroless deposition, Surface & Coatings Technology, (2010), 204, 1412-1418.

[20] Anne Schwarz, Jean Hakuzimana, Philippe Westbroek Gilbert De Mey, Georgios Priniotakis Tebello Nyokong and Lieva Van Langenhove, A study on the morphology of thin copper films on para-aramid yarns and their influence on the yarn's electro-conductive and mechanical properties, Textile Research Journal September 2012, 82, 15, 1587-1596

[21] S. Tombe, W. Chidawanyika, E. Antunes, Giorgos Priniotakis, Philippe Westbroek, Tebello Nyokong Physicochemical behavior of zinc tetrakis (benzylmercapto) phthalocyanine when used to functionalize gold nanoparticles and in electronspun fibers. J. PhotoChem. Photobiol. A: Chem. (2012) 240, 50-58

[22] Journal of Computational Methods in Science and Engineering (JCMSE). Physico-chemical and mechanical Characterization of Jute fabrics for Civil Engineering Applications, Harkati ElHadi, Rokbi Mansour, Georgios Priniotakis, Savvas Vassiliadis, Sozon Vasilakos, Hadjer Boughanem, Lahcene Fellah)

[23] Georgios Priniotakis, Anastasios Tzerachoglou, Ioannis Chronis, Philippe Lieva Van Langenhove, Tebello Nyokong, Antimicrobial properties of gold and copper-coated textile electrodes produced through electroless deposition, 12th World Textile Conference AUTEX June 13th to 15th 2012, Zadar, Croatia.

[24] Priniotakis G., Tzerachoglou A., Yannakopoulos P., Tseles D., Study on the geometrical behaviour of the conductivity of gold coated textiles, International Scientific Conference e RA – 7 The SynEnergy Forum, The Conference for International Synergy in Energy,

Environment, Tourism and contribution of Information Technology in Science, Economy, Society and Education 27 - 30 Sept 2012, Piraeus,

[25] G. Priniotakis, V. Slavova¹, S. Petrov, A study on the change of transport and selective properties of ultrafiltration polymer membranes after vacuum metallization with iron-chromium-Nickel alloy, 3rd International Scientific Conference, Innovative solutions for sustainable development of Textiles industry, 24-25 May 2013 Oradea Romania, Volume XIV, PP. 121, ISSN: 1843-813X.

[26] G. Priniotakis, I. Chronis, A. Tzerachoglou, Smart textiles: garment or device? 6th International Symposium on Flexible Organic Electronics (ISFOE13), 8-11 July 2013, Thessaloniki, Greece

[27] C. Petropoulos, C. Kolovos, A. Talavari, A. Fotopoulos, A. Mastragelopoulos, P. H. Yannakopoulos, G. Priniotakis, D. Tseles Interconnection of Smart Wearable Devices and Smart Homes", in eRA-9 and SynEnergy Forum in 22-24 Sept 2014, Piraeus, Greece (<http://era.teipir.gr>).

[28] Wearable Electronics. The market in the coming years, Georgios Priniotakis, Anastasios Tzerachoglou, 20th International Conference Strutex, 1st- 2nd December 2014 Liberec Czech Republic

[29] Wearable Electronics in the next years, Priniotakis Georgios, Doble Liliana, Tzerachoglou Anastasios, Tseles Dimitrios,, ANNALS OF THE UNIVERSITY OF ORADEA FASCICLE OF TEXTILES, LEATHERWORK, May 2015, Oradea Romania,

[30] Georgios Priniotakis, Ioannis Chronis, Avraam Chatzopoulos, Evaggelos Louris, Lillipad arduino platform for a multifunctional garments and wearables laboratory course, 15th AUTEX World Textile Conference June 10th to 12th 2015, Bucharest, Romania

[31] Mechanical and Durability Characteristics of externally GFRP reinforced Unsaturated Polyester Polymer Concrete, Hamza Bouguessir, Georgios Priniotakis, 17th World Textile Conference AUTEX 2017- - Textiles - Shaping the Future, 29 May 2017 Corfu, Greece.

[32] From the Organic Thin Film Transistor to the 3-D Textile Organic Cylindrical Transistors - Perspectives, expectations and predictions, Evagellos Louris, Georgios Priniotakis, 17th World Textile Conference AUTEX 2017- - Textiles - Shaping the Future, 29 May 2017 Corfu, Greece.

[33] 8th International Conference of Textile Research Division, G. Priniotakis, "The challenge of producing Textile Organic Electronic Fibres" September 25-27 2017, Cairo Egypt, ISBN 1687-2126.