

α.	SAW φίλτρο υψηλής σύνθετης αντίστασης	1.	Πυκνωτής παράλληλα για μικρή τιμή της R_s
β.	SAW φίλτρο χαμηλής σύνθετης αντίστασης	2.	Πηνίο παράλληλα για μικρή τιμή της R_s
γ.	SAW φίλτρο υψηλής σύνθετης αντίστασης	3.	Πυκνωτής σε σειρά για μεγάλες τιμές της R_s .
δ.	SAW φίλτρο χαμηλής σύνθετης αντίστασης	4.	Πηνίο σε σειρά για μεγάλες τιμές της R_s .

12. Να αναφέρετε τις κατηγορίες των SAW φίλτρων.
13. Οι κεραμικοί συντονιστές μειονεκτούν έναντι των φίλτρων LC.
Σωστό ☐ Λάθος ☐ και γιατί;
14. Οι συντονιστές έχουν συμπεριφορά:
- αυτεπαγωγική ανάμεσα στις συχνότητες f_s και f_p .
 - αυτεπαγωγική έξω από τις συχνότητες f_s και f_p .
 - χωρητική ανάμεσα στις συχνότητες f_s και f_p .
 - ομική ανάμεσα στις συχνότητες f_s και f_p .
15. Να αναφέρετε τις κατηγορίες των κεραμικών συντονιστών.

2ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Φερριτικά Υλικά

Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να ορίζει τους φερρίτες.
- Να αναφέρει και να ορίζει τα βασικά χαρακτηριστικά των φερριτών.
- Να αναφέρει τις κατηγορίες των φερριτών.
- Να αποκωδικοποιεί τους βασικούς τύπους φερριτών.
- Να αναφέρει τις χρήσεις τους.
- Να αναφέρει τους τύπους και τις χρήσεις μερικών ειδικών φερριτών.

2.1 Γενικά

Οι φερρίτες είναι σκούρα γκρι ή μαύρα κεραμικά μονωτικά υλικά, πολύ σκληρά, εύθραστα και χημικά αδρανή. Χωρίζονται σε μαλακούς (soft ferrites), οι οποίοι έχουν τις περισσότερες εφαρμογές, σκληρούς (hard ferrites), θερμικούς (thermal ferrites) και ειδικούς (special ferrites). Οι περισσότεροι σύγχρονοι μαλακοί φερρίτες έχουν κυβική πολυκρυσταλλική δομή.

Ο γενικός τύπος των φερριτών είναι $M_0.Fe_2O_3$, όπου M=μέταλλο ή μέταλλα και μπορεί να αντικατασταθεί από ένα ή περισσότερα μονοσθενή, δισθενή ή τρισθενή μέταλλα· είναι δε σιδηριμαγνητικά υλικά.

Η βιομηχανική παραγωγή των φερριτών γίνεται συνήθως με την ακόλουθη γραμμή παραγωγής:

- 1) προετοιμασία σύνθεσης υλικών,
- 2) παραγωγή κοκκοποίησης,
- 3) πρότηξη στους 1000°C περίπου,
- 4) πρεσάρισμα για την υλοποίηση της μορφής του πυρήνα που έχει επιλεγεί,
- 5) τήξη πυρήνα στους 1150°C ως 1350°C,
- 6) λείανση της επιφάνειας,
- 7) λείανση της κεντρικής οπής -αν υπάρχει,
- 8) συγκόλληση βιδωτού περιβλήματος -αν υπάρχει,
- 9) σύνθεσή του -αν αποτελεί σετ- και
- 10) αποτύπωση στοιχείων.

Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι μαλακοί φερρίτες είναι οι MnZn και οι NiZn, οι οποίοι μαγνητίζονται εύκολα, έχουν μεγάλη εσωτερική ειδική αντίσταση και εργάζονται στις πολύ υψηλές συχνότητες.

Ένας φερρίτης όταν τεθεί εντός ενός μαγνητικού πεδίου μαγνητίζεται. Εφόσον παραμείνει μαγνητισμένος μετά την απομάκρυνση του μαγνητικού πεδίου με κάποια τιμή μαγνητικής επαγωγής, ονομάζεται σκληρός φερρίτης.

Όταν ο κόρος της μαγνητικής επαγωγής ελαττώνεται ραγδαία με την άνοδο της θερμοκρασίας, τότε ο φερρίτης αυτός ονομάζεται θερμικός.

Οι σκληροί μαγνήτες χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται ισχυρός μόνιμος μαγνήτης, π.χ. στα μεγάφωνα, ενώ οι θερμικοί χρησιμοποιούνται ως αισθητήρες θερμοκρασίας ή στους διακόπτες reed.

Τέλος, ειδικοί φερρίτες είναι τα ηλεκτρόδια φερρίτη και οι μετατροπείς μαγνητοδιαταραχής (magnetostrictive).

2.2. Χαρακτηριστικά φερριτών

Παρακάτω αναφέρονται και ορίζονται μερικά βασικά χαρακτηριστικά των φερριτών, τα οποία θα βοηθήσουν στην κατανόηση και τη χρήση τους.

- 1) Αρχική μαγνητική διαπερατότητα (μ_i): Μετράται σε κλειστό μαγνητικό κύκλωμα τοροειδούς μορφής με πολύ μικρή ένταση μαγνητικού πεδίου και ισούται με:

$$\mu_i = \frac{1}{\ell_e} \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} \quad 2.1$$

- 2) Ενεργός μαγνητική διαπερατότητα (μ_e): Σ' ένα κλειστό μαγνητικό κύκλωμα με διάκενο αέρα, η μαγνητική επαγωγή μειώνεται και η ενεργός μαγνητική διαπερατότητα είναι:

$$\mu_e = \frac{\mu_i}{1 - \frac{\ell_e}{G} \frac{d\mu_i}{d\ell_e}} \quad 2.2$$

όπου G το μήκος διακένου και ℓ_e το ενεργό μήκος του μαγνητικού κυκλώματος.

- 3) Παράγοντας αυτεπαγωγής (A_L): Εκφράζει την αυτεπαγωγή σε nH ανά σπείρα στο τετράγωνο και ισούται με:

$$A_L = \frac{1,257 \cdot \mu_e}{\ell_e} \frac{n^2 H}{N^2} \quad 2.3$$

όπου $\frac{\ell_e}{s}$ ή C1 ο παράγοντας κόρου σε mm⁻¹ ή cm⁻¹. Υπόψη ότι ισχύει:

$$L = N^2 A_L (nH) \quad 2.4$$

όπου L η αυτεπαγωγή του πυρήνα και N ο αριθμός των στροφών του πηνίου.

- 4) Ειδική αντίσταση (ρ): Το μονωτικό στρώμα μεταξύ των κρυστάλλων φερρίτη αυξάνει την ολική ειδική αντίστασή τους σε (0,1~10) Ω.m για τους MnZn και (10⁴~10⁶)Ω.m για τους NiZn και LiZn φερρίτες. Η ειδική αντίσταση ελαττώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας ή της συχνότητας.

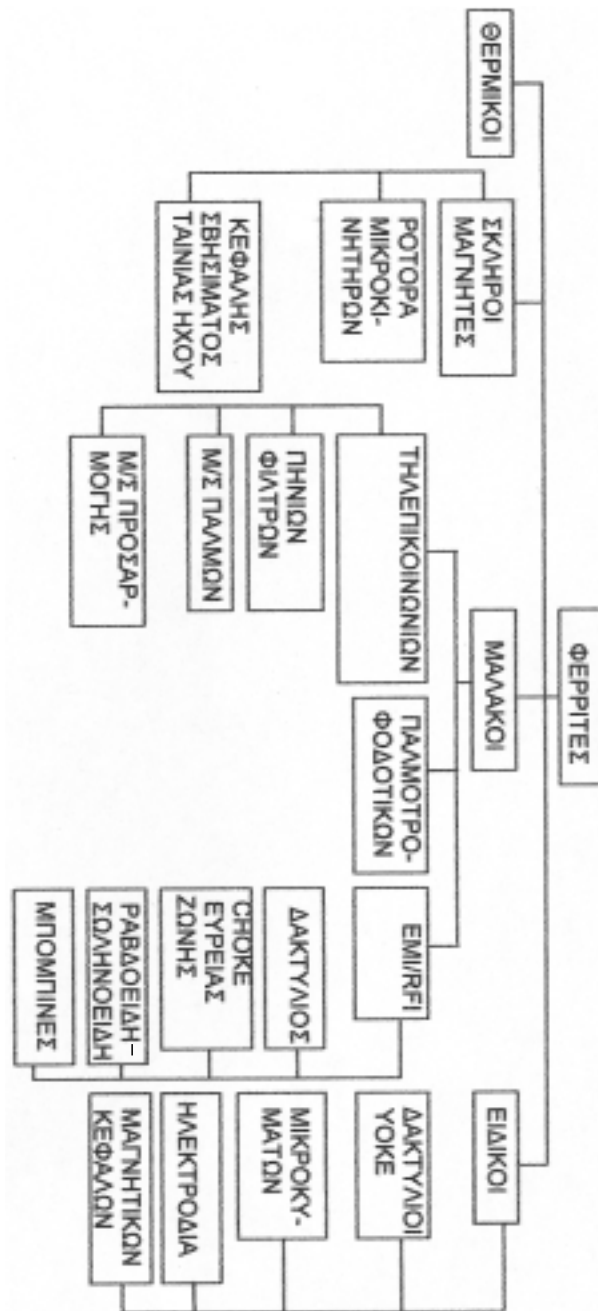
- 5) Παράγοντας α ή συντελεστής τυλίγματος α: Για μία δεδομένη μορφή πυρήνα φερρίτη, παράγοντας α είναι ο αριθμός των στροφών του πηνίου για αυτεπαγωγή 1mH, ισούται δε:

$$\alpha = \frac{N}{\sqrt{L}} \quad 2.5$$

όπου L σε mH. Έτσι για άλλες τιμές αυτεπαγωγής θα ισχύει $N = \sqrt{L}$.

2.3. Κατηγορίες φερριτών

Στο διάγραμμα 2.1 δίνονται οι κατηγορίες των φερριτών που παράγονται.



Διάγραμμα 2.1

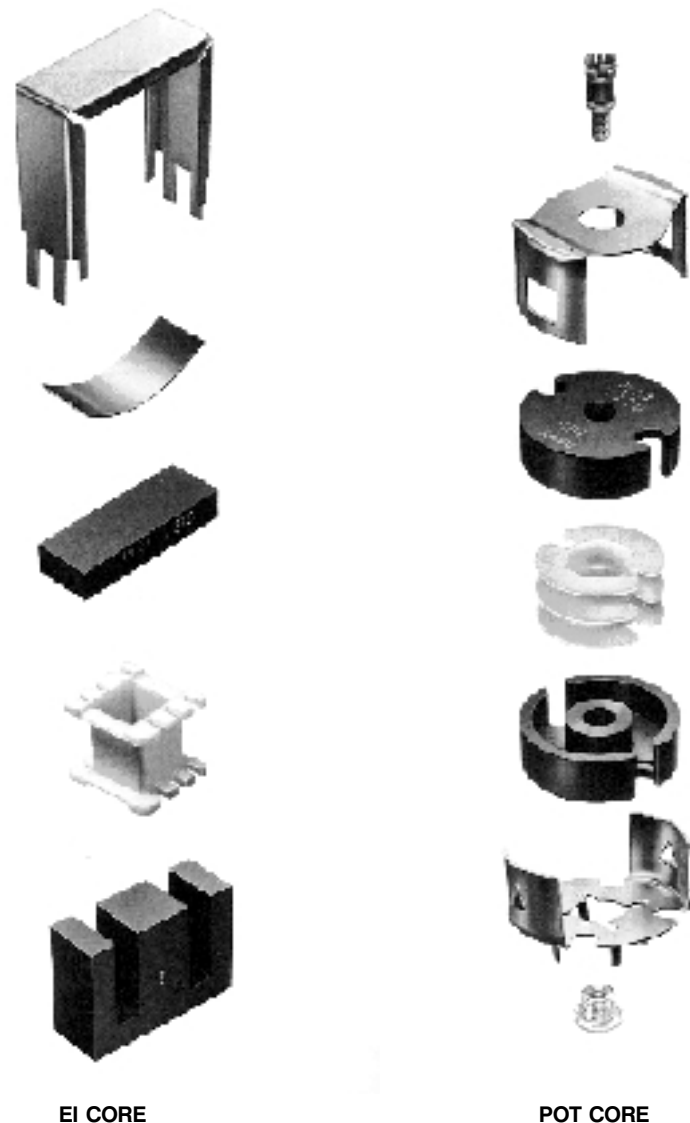
2.4 Κώδικες φερριτών

- Κώδικες μορφών πυρήνων φερριτών: Οι πυρήνες φερρίτη κατά την κατασκευή τους λαμβάνουν διάφορες μορφές ανάλογα με τις χρήσεις για τις οποίες προορίζονται και είναι κωδικοποιημένες σύμφωνα με κάποια πρότυπα.

Έτσι έχουμε ενδεικτικά τις παρακάτω μορφές φερριτών:

- 1) P, RM, X, Q για χρήσεις σε αυτεπαγωγές, φίλτρα, Μ/Σ και chokes.
- 2) H, PH, EP για χρήσεις σε αυτεπαγωγές και Μ/Σ ευρείας ζώνης.
- 3) E, EC, EI, EFD, ETD, PM, U, UI για χρήσεις στους Μ/Σ των παλμοτροφοδοτικών, των αντιστροφών και των τηλεπικοινωνιών.
- 4) Πυρήνας πολλών οπών, χάνδρα, χάνδρα σε σύρμα για χρήσεις στα φίλτρα καταστολής EMI/RFI παρεμβολών.
- 5) YR (Yoke Rings) για τα πηνία αποκλίσεων στις οθόνες T.V.
- 6) RI (σωληνοειδές) για χρήση στα tuners των ραδιοφώνων.
- 7) T (τοροειδή) για χρήσεις στους Μ/Σ παλμών, φίλτρα, chokes κτλ.

Στα σχήματα 2.1 φαίνονται μερικές μορφές πυρήνων φερριτών.



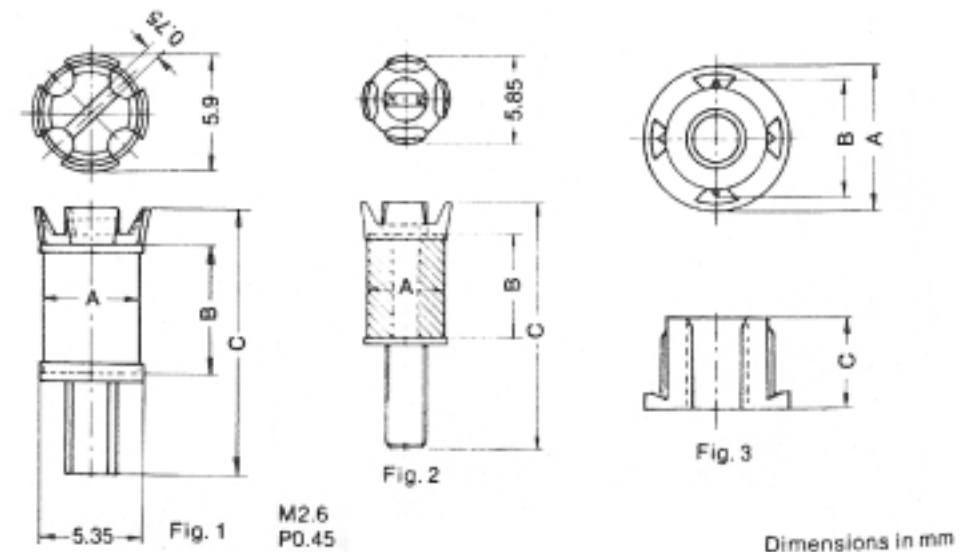
Σχήματα 2.1 Μορφές πυρήνων ferritών

- Κώδικες υλικών των ferritών:** Κάθε εταιρεία έχει συνήθως τους δικούς της κώδικες των ferritικών υλικών. Η PHILIPS με το υλικό 3C85 δηλώνει ferrίτη βασισμένο στο MnZn με σύνθεση 71%Fe₂O₃-20%MnO-9%ZnO. Έτσι κώδικες, όπως 1P04, 3H1, 4C6, 8E1 κτλ., χρησιμοποιούνται από τη PHILIPS. Η SM χρησιμοποιεί κώδικες, όπως K1, N26, T35 κ.ά. Η TDK αντίστοιχα τους κώδικες 4HM, DA2, H5B, H5B2... Η Magnetics Inc τους κώδικες A, G, S, V, W κτλ., η Indiana General τους κώδικες Q1, Q2, H, G κ.ά. (Το G των δύο τελευταίων εταιρειών είναι διαφορετικό για κάθε εταιρεία).

Η αντιστοιχία των κωδικών μεταξύ των εταιρειών σπανίζει. Ας ληφθεί υπόψη ότι κατά καιρούς οι εταιρείες καταργούν κάποια υλικά, όπως η PHILIPS το 3C8, το οποίο παραγόταν πριν δύο δεκαετίες. Καλό είναι για κάθε πληροφορία να ανατρέχουμε στα φυλλάδια της αντίστοιχης εταιρείας.

Τέλος, ας αναφερθεί ότι τα στοιχεία τα οποία δίνονται από τις εταιρείες για τους ferrίτες, μετρώνται με δακτύλιους ferrίτη διαφορετικών διαστάσεων με αποτέλεσμα να είναι πολύ δύσκολη η σύγκριση μεταξύ των.

- Κώδικες ρυθμιστών αυτεπαγωγής των πυρήνων:** Μερικοί πυρήνες ferrίτη, όπως οι P, PM, X, Q κ.ά., δέχονται ρυθμιστές (adjusters) αυτεπαγωγής με ακρίβεια μεταβολής $\pm 0,1\%$. Είναι κυλινδρικοί ή σωληνωτοί και εφαρμόζονται βιδωτά στον πυρήνα. Στα σχ. 2.2 δίνονται κάποιοι τύποι ρυθμιστών οι οποίοι μπορεί να είναι από διάφορα υλικά, ανάλογα με την εταιρεία. Οι κατασκευαστές δίνουν πίνακες για χαμηλή, μέση και υψηλή ρύθμιση· υπάρχει περίπτωση να δίνονται διαγράμματα μεταβολής της αυτεπαγωγής από τους ρυθμιστές. Συνήθεις τιμές είναι (5~13)% για χαμηλή, (5~27)% για μέση και (15~35)% για υψηλή ρύθμιση.



Σχήματα 2.2 Τύποι ρυθμιστών αυτεπαγωγών ferritικών πυρήνων

Οι κεφαλές των ρυθμιστών είναι χρωματισμένες με ένα χρώμα όπως μαύρο, καφέ, κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο, μοβ, γκριζο ή άσπρο. Βέβαια ακόμη και ο ίδιος ρυθμιστής στον ίδιο πυρήνα επιφέρει διαφορετική μεταβολή για διαφορετικό παράγοντα αυτεπαγωγής AL. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι ο ρυθμιστής αυτεπαγωγής από ferroxcube (FXC) με πράσινη κεφαλή και για χαμηλή ρύθμιση στον πυρήνα RM6R από υλικό 3H1 ή 3H3, επιφέρει ρύθμιση 6% για παράγοντα

αυτεπαγωγής 160nH/N^2 και 10% για παράγοντα αυτεπαγωγής 100nH/N^2 . Ο ίδιος ρυθμιστής στον ίδιο πυρήνα αλλά από υλικό 3D3, πάντα για χαμηλή ρύθμιση, προσφέρει ποσοστό ρύθμισης 9% για παράγοντα αυτεπαγωγής 100nH/N^2 και 8% για παράγοντα αυτεπαγωγής 63nH/N^2 από υλικό 4C6.

- Κώδικες τύπων πυρήνων φερριτών: Σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές δίνουν τα ίδια στοιχεία για τους πυρήνες των φερριτών. Αυτά είναι: 1) ο κώδικας του υλικού, 2) ο παράγοντας αυτεπαγωγής A_L για πυρήνες με διάκενο ή κάποιο σύμβολο για τους πυρήνες χωρίς διάκενο και 3) ο τύπος του πυρήνα με τις διαστάσεις του.

Στους τοροειδείς πυρήνες συνήθως ισχύει ο χρωματικός κώδικας. Αυτός ο κώδικας δηλώνει το υλικό του φερρίτη ή την περιοχή συχνότητας λειτουργίας. Αν ο τοροειδής πυρήνας δεν είναι μονόχρωμος, τότε το πρώτο χρώμα καλύπτει τις τρεις πλευρές του δακτυλίου και το δεύτερο χρώμα καλύπτει την τέταρτη πλευρά.

Έτσι, αν ο φερρίτης φέρει τα σύμβολα P2213-H6Z-A400, αυτά δηλώνουν πυρήνα rot core με εξωτερική διάμετρο 22mm, ύψος 13mm, υλικό H6Z και παράγοντα αυτεπαγωγής $A_L=400$, nH/N^2 . Ομοίως τα σύμβολα 22/13-3H3-0,3 δηλώνουν πυρήνα rot core όπως το προηγούμενο, από υλικό 3H3 με διάκενο $0,3\text{mm}=300\mu\text{m}$ το οποίο δηλώνει $A_L=250\pm 3\%$ nH/N^2 , όπως βρίσκουμε από τους πίνακες της εταιρείας.

2.5 Ειδικόι φερρίτες

- Οι σκληροί φερρίτες (μαγνήτες) χρησιμοποιούνται στα μεγάφωνα, στους επίπεδους κινητήρες, στις λυχνίες Magnetrons κ.α. Οι μαγνήτες μικροκινητήρων μπορούν να πολυπωλωθούν, έχουν ελάχιστη εκκεντρότητα και μικρό κόστος. Χρησιμοποιούνται στους βηματικούς κινητήρες των ρολογιών, στους μικροκινητήρες βιντεοκαμερών κ.α.
- Στις μαγνητικές κεφαλές εγγραφής, διαγραφής ή ανάγνωσης χρησιμοποιούνται μονοκρυσταλλικά φερριτικά υλικά με υψηλό κόρο μαγνητικής επαγωγής. Οι κεφαλές διαγραφής ταινιών ήχου διατίθενται σε δύο τύπους, διπολικές και εξαπολικές. Οι μαγνητικές κεφαλές των floppy disk κατασκευάζονται από φερρίτη MnZn για 135 tracks ανά ίντσα και 1 ή 1,6 MB χωρητικότητα. Οι κεφαλές αναγνωστών μαγνητικών καρτών (π.χ. πιστωτικών) κατασκευάζονται από άμορφα μαγνητικά υλικά, με υψηλό κόρο μαγνητικής επαγωγής, μεγάλη δύναμη καταστολής H_c , μεγάλη αντίσταση φθοράς και εξαιρετικά χαρακτηριστικά επανεγγραφής.
- Οι μικροκυματικοί φερρίτες χρησιμοποιούνται στα βιομηχανικά και στρατιωτικά ηλεκτρονικά, όπως και στις εμπορικές εφαρμογές, π.χ. φούρνοι μικροκυμάτων. Αυτοί οι φερρίτες είναι δύο τύπων: οι garnets και οι spinels. Οι πρώτοι εργάζονται σε συχνότητες (0,4 ~ 11)GHz και οι άλλοι στα (1,6 ~ 36) GHz.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τί είναι φερριτές και ποιός ο γενικός τύπος τους;
2. Να αναφέρετε τη γραμμή παραγωγής των φερριτών.
3. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Τα βασικά χαρακτηριστικά των φερριτών είναι: 1) _____
_____ μί, 2) _____ διαπερατότητα με,
3) _____ μH , 4) _____ αντίσταση ρ και 5) _____ α.
4. Να αναφέρετε τις κατηγορίες των φερριτών.
5. Να αντιστοιχίσετε τα παρακάτω:

α. Μορφές πυρήνα P, RM, X, Q.	1. Μ/Σ παλμοτροφοδοτικών.
β. Μορφές πυρήνα H, PH, EP.	2. Φίλτρα καταστολής EMI/RFI.
γ. Μορφές πυρήνα E, EC, EI, U, UI.	3. Αυτεπαγωγές, choke, φίλτρα.
δ. Μορφή πυρήνα πολλών οπών.	4. Μ/Σ ευρείας ζώνης.
6. Οι κώδικες των υλικών των φερριτών συνήθως αντιστοιχίζονται από εταιρεία σε εταιρεία. Σωστό ☐ Λάθος ☐
7. Μερικοί μόνο πυρήνες φερριτών όπως P, PM, X, Q δέχονται ρυθμιστές αυτεπαγωγής
Σωστό ☐ Λάθος ☐
8. Οι ρυθμιστές αυτεπαγωγής πυρήνων:
 - α. Ρυθμίζουν την αυτεπαγωγή με ακρίβεια $\pm 0,1\%$
 - β. Έχουν χρωματισμένη κεφαλή.
 - γ. Σε διαφορετικού τύπου πυρήνες επιφέρουν διαφορετική μεταβολή.
 - δ. Όλα τα παραπάνω.
9. Τα αποτυπωμένα σύμβολα στο φερριτή P9/5-3H1-0,07 δηλώνουν πυρήνα τύπου Pot με εξωτερική διάμετρο 9mm, ύψος 5mm, υλικό 3H1 και διάκενο 0,07mm=70μm.
Σωστό ☐ Λάθος ☐
10. Να περιγράψετε συνοπτικά τους ειδικούς φερριτές.

3ο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Πιεζοηλεκτρικά Κεραμικά

Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

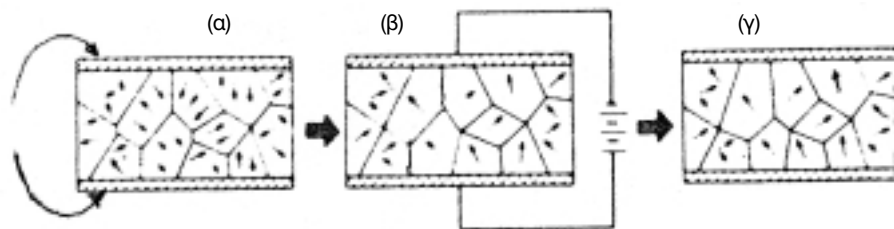
- Να ορίζει τα πιεζοηλεκτρικά κεραμικά.
- Να αναφέρει τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους.
- Να αναφέρει τις χρήσεις και κάποιες εφαρμογές των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών.

3.1 Εισαγωγή

Ο πιεζοηλεκτρισμός παρουσιάζεται στα υλικά τα οποία όταν δεχτούν ισχυρή κρούση εμφανίζουν ηλεκτρική πολικότητα. Ένας κρύσταλλος, για παράδειγμα, αν δεχτεί κρούση, τότε στιγμιαία παρουσιάζει ηλεκτρισμό ανάλογο της έντασης της κρούσης. Αυτό καλείται άμεσο ή ορθό πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Αν, αντίθετα, ένας κρύσταλλος τεθεί σε ηλεκτρικό πεδίο, τότε ο κρύσταλλος αλλάζει ελαφρώς τη μορφή του. Αυτό καλείται αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Πιεζοηλεκτρισμός γενικά παρουσιάζεται στους σιδηροηλεκτρικούς κρυστάλλους. Τέτοια υλικά είναι και τα πιεζοηλεκτρικά κεραμικά ΡΧΕ, PIEZOTITE κ.ά. τα οποία έχουν σχεδόν ιδανική κυβική κρυσταλλική δομή. Τα πιεζοηλεκτρικά υλικά έχουν:

- υψηλή απόδοση ηλεκτρομηχανικής μετατροπής,
- μεγάλη δυνατότητα μηχανοποίησης,
- υψηλή σταθερότητα,
- δυνατότητα επίτευξης ευρείας περιοχής χαρακτηριστικών με διαφορετική σύνθεση κεραμικών υλικών
- είναι κατάλληλα για μαζική παραγωγή και οικονομικά.

Ένα πιεζοηλεκτρικό κεραμικό μπορεί να θεωρηθεί ως μικροσκοπική μάζα κρυσταλλίτη με τυχαίο προσανατολισμό. Μετά τη σύντηξη το κεραμικό υλικό θα είναι ιστροπικό και δεν θα εμφανίζει πιεζοηλεκτρισμό, διότι χάνει τον τυχαίο του προσανατολισμό. Το υλικό αυτό μπορεί να γίνει πιεζοηλεκτρικό σε οποιαδήποτε επιλεγμένη διεύθυνση, με μια πολική μεταχείριση η οποία συνεπάγεται έκθεση σε ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο. Όταν το κεραμικό απομακρυνθεί από το πεδίο, τα δίπολα παραμένουν ευθυγραμμισμένα δίνοντας στο κεραμικό υλικό ένα υπόλειμμα πόλωσης και μια μόνιμη παραμόρφωση, δηλαδή γίνεται ανισοτροπικό που σημαίνει μόνιμα πιεζοηλεκτρικό. Αυτή η διαδικασία φαίνεται καλύτερα στα σχ. 3.1



Σχήματα 3.1 Πόλωση των κεραμικών υλικών με ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο

Η πολική μεταχείριση είναι συνήθως το τελικό στάδιο επεξεργασίας των κεραμικών υλικών. Όταν ένα AC σήμα εφαρμοστεί σ' αυτό το κεραμικό, σε συχνότητα προσαρμοσμένη στην ιδιοσυχνότητα του κεραμικού, τότε το κεραμικό συντονίζεται (πιεζοηλεκτρικός μετατροπέας).

3.2. Χαρακτηριστικά των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών

Τα βασικά χαρακτηριστικά των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών είναι:

1. Σταθερά συχνότητας N: Η ταχύτητα διάδοσης του ήχου διαμέσου ενός πιεζοηλεκτρικού κεραμικού έχει μία ειδική τιμή διαφορετική για κάθε τρόπο δόνησης (γραμμικός τρόπος, ακτινικός τρόπος, γωνιακός τρόπος κτλ.), όταν η συχνότητα συντονισμού ενός άλλου τρόπου δεν είναι γειτονική. Ισχύει δε:

$$\frac{v}{2} = f_s \cdot \ell \quad m/sec \text{ ή } Hz \cdot m \quad 3.1$$

όπου v η ταχύτητα διάδοσης του ήχου διαμέσου του υλικού, f_s η συχνότητα συντονισμού σειράς του πιεζοηλεκτρικού κεραμικού και ℓ το μήκος διάδοσης στη συχνότητα συντονισμού.

2. Μηχανικό Qm: Εκφράζει την κλίση της καμπύλης γύρω από τη συχνότητα συντονισμού των μηχανικών δονήσεων και ισχύει:

$$Q_m = \frac{1}{2 f_s R_1 C_1} \quad 3.2$$

όπου R_1 , C_1 η αντίσταση και η χωρητικότητα σειράς του ισοδύναμου κυκλώματος αντίστοιχα.

3. Ηλεκτρομηχανικός συντελεστής σύζευξης k: Δείχνει την ικανότητα μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική και ισχύει:

$$k = \sqrt{\frac{\epsilon}{\sigma} \cdot \frac{\eta}{\epsilon}} \quad 3.3$$

Η ικανότητα μετατροπής εξαρτάται από τον τρόπο δόνησης. Έτσι π.χ. για τον ακτινικό τρόπο δόνησης ισχύει:

$$k_r = \sqrt{2,529 \cdot \frac{f}{f_s}} \quad 3.4$$

όπου $\Delta f = f_p - f_s$.

Ο ηλεκτρομηχανικός συντελεστής σύζευξης δίνεται ως k%.

3.3 Περιγραφή και χρήσεις των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών

Οι εταιρείες κατασκευής παράγουν διάφορα πιεζοηλεκτρικά κεραμικά, όπως το PXE5 της PHILIPS με κατά βάρος σύνθεση $PbO=66\%$, $ZrO_2=21\%$, $TiO_2=11\%$ και 2% κάποια μέταλλα. Χρησιμοποιούνται κώδικες διαφορετικοί από κάθε εταιρεία, π.χ. PXE41, PXE7, P5E, P7, 21B, 92A κτλ. Εκτός από τα χαρακτηριστικά που αναφέρονται δίνονται και άλλα, όπως θερμοκρασία Curie, συντελεστής απωλειών, σχετική διηλεκτρική σταθερά, πιεζοηλεκτρικές σταθερές d και g κ.ά.

Κεραμικά υλικά με υψηλό ηλεκτρομηχανικό συντελεστή σύζευξης k, υψηλή σταθερά πιεζοηλεκτρικής παραμόρφωσης d και μεγάλη πυκνότητα ρ, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές χαμηλής ισχύος, τους αισθητήρες κ.α. Υλικά με υψηλό συντελεστή τάσης εξόδου g, χρησιμοποιούνται για αναφλέξεις όπως στους αναπτήρες τσιγάρων, εναύσεις αερίων κ.ά. Υλικά με υψηλό μηχανικό Qm και μικρό συντελεστή απωλειών tanδ, χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μέσης και υψηλής ισχύος, όπως οι συσκευές υπερήχων κτλ.

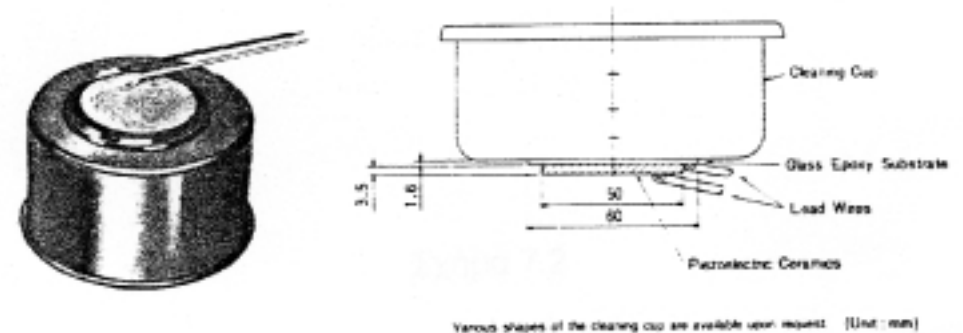
Υλικά όπως η σειρά P6 χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κεραμικών φίλτρων και συντονιστών· η σειρά P3 για την κατασκευή ανιχνευτών ψαριών και sonar· η σειρά PXE7 για την κατασκευή γραμμών καθυστέρησης με υπερήχους κτλ.

Τα πιεζοηλεκτρικά κεραμικά έχουν συνήθως μορφές πολωμένων δίσκων ή δακτυλιδιών και ορθογώνιων ή τετράγωνων πλακών. Οι δίσκοι και οι ορθογώνιες πλάκες φέρουν μεταλλικά ηλεκτρόδια εκ των οποίων το θετικό σημειώνεται. Οι κατασκευαστές δίνουν τις διαστάσεις και τη χωρητικότητά τους.

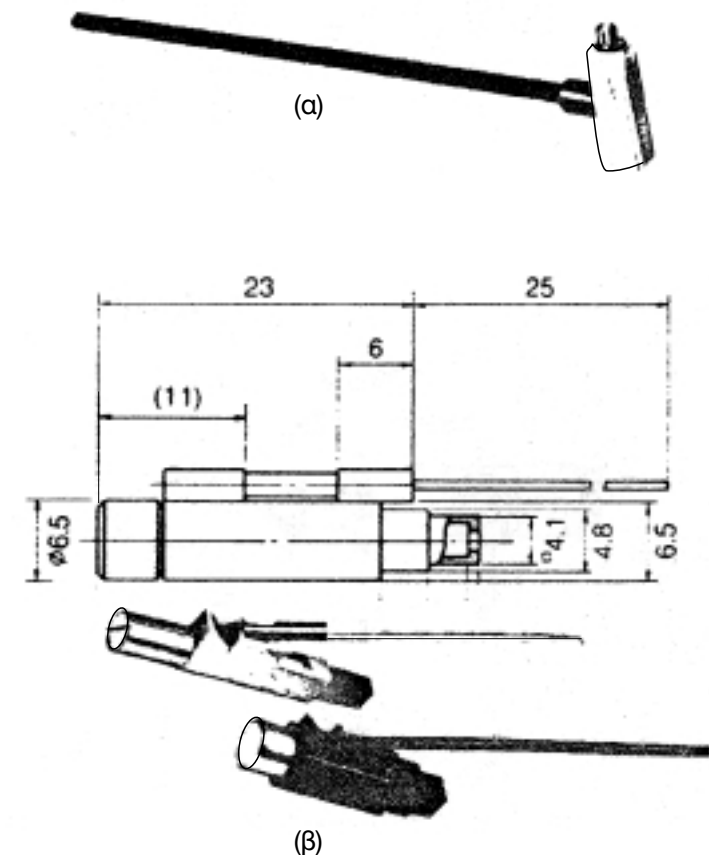
Τυπικές εφαρμογές των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών είναι οι καθαριστές με τη χρήση υπερήχων και οι μηχανισμοί ανάφλεξης αερίων.

Οι καθαριστές με γεννήτρια υπερήχων χρησιμοποιούνται για τον ομοιόμορφο καθαρισμό χρυσαφικών, τεχνητών δοντιών, γυαλιών, μικρομηχανισμών, για τη γαλάκωση ή το ανακάτεμα υγρών κ.α. Εργάζονται σε συχνότητες (40~60)KHz και έχουν ηλεκτρομηχανικό συντελεστή σύζευξης $k_p=48\%min$. Στο σχ. 3.2 φαίνεται ένας τέτοιος καθαριστής, οι ακτινικές δονήσεις του οποίου διαδίδονται στο υγρό του δοχείου διαμέσου του τοιχώματος του δοχείου, το οποίο δονείται με σύνθετους καμπύλους τρόπους.

Οι μηχανισμοί ανάφλεξης αερίων παρέχουν υψηλή τάση εξόδου (12~14) KVmin, υψηλό ρεύμα εκφόρτισης, μεγάλο χρόνο ζωής και καλή συμπεριφορά στη θερμοκρασία και την υγρασία. Στα σχ. 3.3 παρουσιάζονται δύο τέτοιοι μηχανισμοί: α) για ανάφλεξη γκαζιού και β) για αναπτήρες τσιγάρων.



Σχήμα 3.2 Καθαριστής υπερήχων



Σχήματα 3.3 Μηχανισμοί ανάφλεξης αερίων

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Τι καλείται πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο; Πώς ορίζεται το αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο;
2. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Τα πιεζοηλεκτρικά υλικά έχουν υψηλή απόδοση
..... δυνατότητα και υψηλή
3. Τα χαρακτηριστικά των πιεζοηλεκτρικών κεραμικών είναι: η N, το Qm και ο k.
4. Πώς ορίζεται ο ηλεκτρομηχανικός συντελεστής σύζευξης;
5. Να αντιστοιχίσετε τα παρακάτω:

Πιεζοηλεκτρικά κεραμικά	Χρήσεις
α) Με υψηλό k, υψηλό d και μεγάλη πυκνότητα	1. Σε εφαρμογές υψηλής ισχύος
β) Με υψηλό g	2. Στην ανάφλεξη αερίων
γ) Με υψηλό Qm και μικρό tanδ	3. Σε εφαρμογές χαμηλής ισχύος
δ) Σειρά P6	4. Στην κατασκευή συντονιστών

6. α) Οι γεννήτριες υπερήχων για τους καθαριστές εργάζονται σε συχνότητες (40~60) KHz.
Σωστό ☐ Λάθος ☐
- β) Οι μηχανισμοί ανάφλεξης αερίων παρέχουν τάση (6~7) KVmin.
Σωστό ☐ Λάθος ☐

40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Πιεζοηλεκτρικοί Κρύσταλλοι

Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να αναφέρει διάφορους πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους.
- Να αναφέρει τους τρόπους κοπής ενός κρυστάλλου και πώς αυτοί οι τρόποι συνδέονται με διαφορετικές χρήσεις.
- Να αναφέρει και να περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά των κρυστάλλων.
- Να αναφέρει τις βασικές κατηγορίες, τους κώδικες και τις χρήσεις των κρυστάλλων.

4.1 Εισαγωγή

Πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι είναι ο χαλαζίας, τα άλατα Rochelle, ο τουρμαλίνης κ.ά. Ο τουρμαλίνης έχει τη μικρότερη πιεζοηλεκτρική δραστηριότητα, ενώ τα άλατα Rochelle τη μεγαλύτερη. Επίσης ο τουρμαλίνης έχει τη μεγαλύτερη μηχανική αντοχή, ενώ τα άλατα Rochelle τη μικρότερη. Ο χαλαζίας και στις δύο περιπτώσεις βρίσκεται περίπου στη μέση και επιπλέον υπάρχει άφθονος στη φύση. Γι' αυτό και είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο υλικό στην κατασκευή πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων (quartz).

Το φυσικό σχήμα του κρυστάλλου χαλαζία είναι εξαγωνικό πρίσμα με πυραμοειδή άκρα. Έχει τρεις άξονες: τον ηλεκτρικό X, το μηχανικό Y και τον οπτικό άξονα Z, κάθετους μεταξύ τους. Ισχύει και εδώ, όπως στα πιεζοηλεκτρικά κεραμικά, το ορθό και το αντίστροφο πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο.

Για να χρησιμοποιηθεί ένας κρύσταλλος, πρέπει να κοπεί και να υποστεί μηχανική επεξεργασία, έτσι ώστε να ταλαντώνεται στη φυσική του συχνότητα· αυτή εξαρτάται από τον τρόπο κοπής και το πάχος του πλακιδίου του κρυστάλλου.

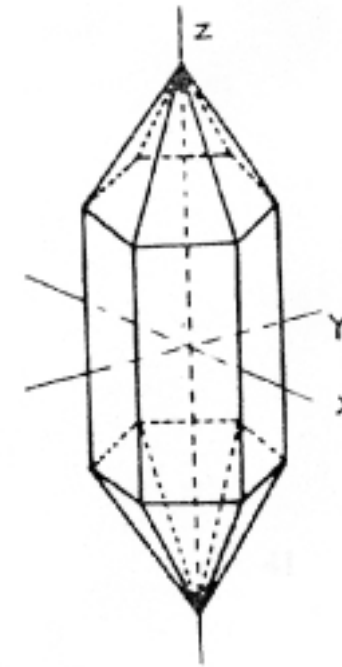
Παρακάτω δίνονται οι βασικότεροι τρόποι κοπής.

- **X +5°:** Εργάζονται σε συχνότητες (5 ~ 140) KHz, έχουν επίπεδο οδήγησης 0,1 mWmax - δεσ παρ. 4.2 -, μικρό θερμοκρασιακό συντελεστή και μεγάλο λόγο αποθήκευσης μηχανικής προς ηλεκτρική ενέργεια. Χρησιμοποιούνται στα φίλτρα ευρείας ζώνης και στους ταλαντωτές με transistors.
- **DT:** Εργάζονται σε συχνότητες (80 ~ 500) KHz και έχουν επίπεδο οδήγησης 2 mWmax. Χρησιμοποιούνται ως κρύσταλλοι ρύθμισης και βάσης χρόνου. Επίσης βρίσκουν εφαρμογή στους πομπούς FM και τηλεόρασης.
- **X ή Curie:** Εργάζονται σε συχνότητες (0,35 ~ 20) MHz, με μεγάλο θερμοκρασιακό συντελεστή. Οικονομικός και μηχανικά σταθερός τρόπος κοπής.
- **GT:** Εργάζονται σε συχνότητες (85 ~ 400) KHz και έχουν επίπεδο οδήγησης 0,1mWmax. Έχουν τη μεγαλύτερη σταθερότητα απ' όλους τους τρόπους κοπής και μικρό θερμοκρασιακό συντελεστή. Χρησιμοποιούνται όπου απαιτείται σταθερότητα της συχνότητας χωρίς θερμοκρασιακό έλεγχο. Μειονέκτημά του το υψηλό κόστος κατασκευής.
- **AT ή Z Φ:** Εργάζονται στη θεμελιώδη, την τρίτη, πέμπτη και έβδομη αρμονική σε συχνότητες (0,55 ~ 250) MHz, με επίπεδο οδήγησης (1 ~ 8)mWmax. Ικανοποιούν το 70 ~ 80% των απαιτήσεων σε κρυστάλλους. Χρησιμοποιούνται κυρίως στους ταλαντωτές RF.

Όπως έγινε φανερό, οι κρύσταλλοι δεν εργάζονται μόνο στη θεμελιώδη συχνότητα, αλλά και στις αρμονικές της οι οποίες δεν είναι ακέραια πολλαπλάσια αυτής, όμως βρίσκονται πολύ κοντά σ' αυτά.

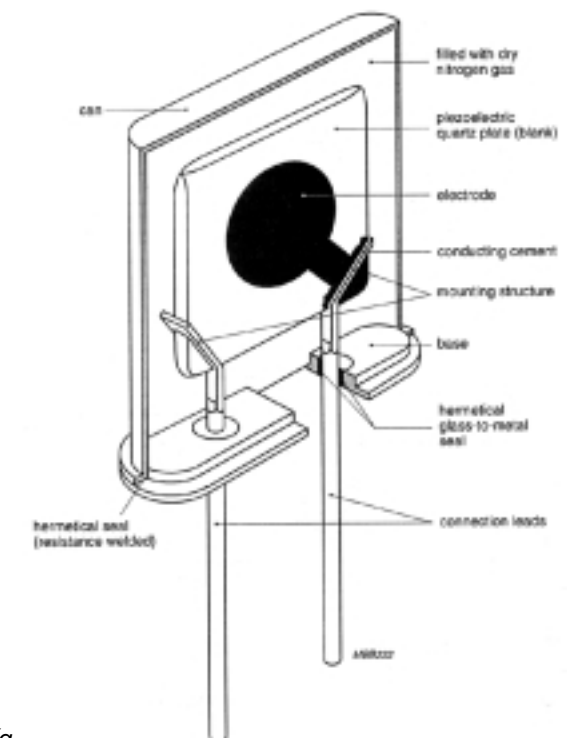
Όταν απαιτείται σταθερή συχνότητα λειτουργίας ο κρύσταλλος τοποθετείται σε ελεγχόμενο θερμοκρασιακό φούρνο.

Στο σχ. 4.1 φαίνεται η δομή ενός κρυστάλλου χαλαζία.



Σχήμα 4.1 Δομή κρυστάλλου χαλαζία

Στο σχ. 4.2 παρουσιάζεται μία μονάδα κρυστάλλου χαλαζία.



Σχήμα 4.2 Μονάδα κρυστάλλου χαλαζία

4.2 Βασικά χαρακτηριστικά των κρυστάλλων

- **Ονομαστική συχνότητα f_n :** Είναι αυτή η οποία αναγράφεται στο περίβλημα του κρυστάλλου.
- **Συχνότητα λειτουργίας f_w :** Αυτή στην οποία εργάζεται ο κρύσταλλος μαζί με το υπόλοιπο κύκλωμα ταλάντωσης.
- **Συχνότητες συντονισμού σειράς f_s και παράλληλου f_p :** Η f_s είναι η χαμηλότερη και η f_p η υψηλότερη από τις δύο συχνότητες συντονισμού ενός κρυστάλλου, κατά την οποία η σύνθετη αντίστασή του έχει ωμική συμπεριφορά.
- **Συχνότητα συντονισμένου φορτίου f_L :** Ένας κρύσταλλος για να εργαστεί στην ονομαστική του συχνότητα και όχι στη συχνότητα λειτουργίας σε κύκλωμα ταλαντωτή, χρειάζεται μία χωρητικότητα φορτίου C_L σε σειρά ή παράλληλη σύνδεση. Η χαμηλότερη από τις δύο συχνότητες συντονισμού όταν η C_L είναι σε σειρά και η υψηλότερη όταν η C_L είναι παράλληλα συνδεδεμένη με τον κρύσταλλο ονομάζονται "συχνότητες συντονισμένου φορτίου".
- **Επίπεδο οδήγησης:** Η ισχύς απωλειών του κρυστάλλου σε mW ή μ W. Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να εκφραστεί με ρεύμα ή τάση. Τα συνήθη επίπεδα οδήγησης είναι (0,05 ~ 0,5)mW. Σε εφαρμογές υψηλής σταθερότητας με υψηλά επίπεδα οδήγησης εξασφαλίζουμε καλές συνθήκες λειτουργίας του κυκλώματος.

4.3 Κατηγορίες και κώδικες χρήσης των κρυστάλλων

Οι κρύσταλλοι χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση τους. Μία κατηγορία είναι οι κρυσταλλικοί ταλαντωτές που περιλαμβάνει χρήσεις όπως αισθητήρων θερμοκρασίας, ελέγχου τάσης, προγραμματιζόμενων ταλαντωτών κ.ά. και μία άλλη κατηγορία είναι οι μονάδες κρυστάλλων με χρήσεις σε επαγγελματικές εφαρμογές, σε βιομηχανικές εφαρμογές υψηλής αξιοπιστίας κ.ά.

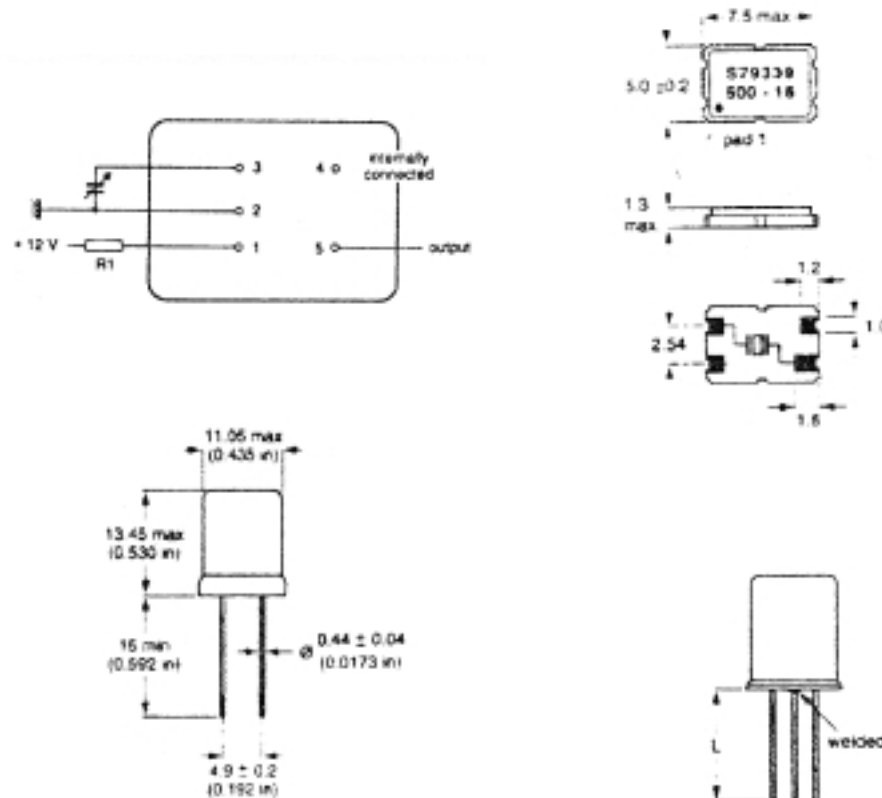
Στο περίβλημά τους φέρουν τυπωμένα στοιχεία ανάλογα με την κατηγορία τους. Κάθε εταιρεία χρησιμοποιεί δικούς της κώδικες, χωρίς να αποκλείονται οι συμπτώσεις μεταξύ τους. Ας αναφέρουμε μερικούς κώδικες.

- **XO:** κρυσταλλικός ταλαντωτής ρολογιού με έξοδο TTL.
- **XOHC:** κρυσταλλικός ταλαντωτής ρολογιού με έξοδο HCMOS.
- **VCXO:** κρυσταλλικός ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση με έξοδο HCMOS και LS-TTL.
- **CTCXO:** κρυσταλλικός ταλαντωτής με αντιστάθμιση θερμοκρασίας για χρήση στην ασύρματη τηλεφωνία.
- **TSO:** κρυσταλλικός ταλαντωτής αίσθησης θερμοκρασίας με έξοδο HCMOS.
- **LXO:** υψηλής ακρίβειας κρυσταλλικός ταλαντωτής με έξοδο CMOS.
- **PXO:** προγραμματιζόμενος κρυσταλλικός ταλαντωτής με έξοδο TTL.
- **RTC:** συσκευή ρολογιού πραγματικού χρόνου με έξοδο CMOS.
- **CXO:** κρυσταλλικός ταλαντωτής με έξοδο CMOS.
- **EXO:** κρυσταλλικός ταλαντωτής με έξοδο ECL.

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι ταλαντωτές των κατηγοριών XO και XOHC χρησιμοποιούνται στους μικροελεγκτές, στα λογικά κυκλώματα, τους χρονοστάτες και τους μικροεπεξεργαστές· οι ταλαντωτές της κατηγορίας VCXO χρησιμοποιούνται στα PLL, στα LAN και τους πολυπλέκτες ISDN· οι ταλαντωτές CTCXO στην ασύρματη τηλεφωνία· οι ταλαντωτές TSO στους αισθητήρες θερμοκρασίας, τα θερμόμετρα ακριβείας κ.α. οι ταλαντωτές LXO σε εφαρμογές με απαιτήσεις υψηλής ακρίβειας και σταθερότητας της συχνότητας παραγωγής· οι ταλαντωτές PXO σε οποιαδήποτε εφαρμογή που απαιτεί διαφορετικές συχνότητες ταλάντωσης, π.χ. από 0,0083Hz ως 1MHz με 57 διαφορετικές τιμές· οι συσκευές RTC χρησιμοποιούνται ως ρολόγια πραγματικού χρόνου με 12ωρη ή 24ωρη βάση και αυτόματη επιλογή έτους· οι ταλαντωτές CXO και EXO σε εφαρμογές όπως και των κατηγοριών XO-XOHC, αλλά με έξοδο για οδήγηση κυκλωμάτων CMOS και ECL αντίστοιχα.

4.4. Περιγραφή και στοιχεία των κρυστάλλων

Στα σχ. 4.3 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι κρυσταλλικών ταλαντωτών.



Σχήματα 4.3 Διάφοροι τύποι κρυσταλλικών ταλαντωτών

Το περίβλημα των κρυστάλλων είναι κωδικοποιημένο κατά IEC, DIN, MIL κ.ά. όπως HC-6/U, HC-49/U11, HC-33/U κτλ. της PHILIPS. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές IEC έχουμε τους τύπους AA, EH, DZ με τις προδιαγραφές DIN τους τύπους K1A, M4B, K6B με τις προδιαγραφές MIL τους τύπους HC-6/U, HC-49/U, HC-51/U αντίστοιχα.

Στο περίβλημα των κρυστάλλων επίσης αναγράφεται η ονομαστική συχνότητά τους. Όταν αυτή δίνεται σε KHz ο κρύσταλλος εργάζεται στη θεμελιώδη συχνότητα, ενώ όταν δίνεται σε MHz αυτός εργάζεται σε κάποια αρμονική του.

Τέλος, οι κρυσταλλικοί ταλαντωτές τροφοδοτούνται με $5V \pm 5\%$. Οι τύποι CTCXO τροφοδοτούνται και με $3,2V \pm 5\%$.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ο χαλαζίας χρησιμοποιείται ως πιεζοηλεκτρικός κρύσταλλος διότι έχει ικανοποιητική μηχανική αντοχή και αρκετή πιεζοηλεκτρική δραστηριότητα. Σωστό ☐ Λάθος ☐.
2. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Η συχνότητα ταλάντωσης ενός κρυστάλλου εξαρτάται από τον και από το του πλακιδίου. Οι βασικότεροι τρόποι κοπής είναι:,, και Κάθε τρόπος κοπής έχει διαφορετικό συχνοτήτων και επίπεδο
3. Να αναφέρετε τα βασικά χαρακτηριστικά των πιεζοηλεκτρικών κρυστάλλων.
4. Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στην ονομαστική συχνότητα και τη συχνότητα λειτουργίας ενός πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου;
5. Σ' ένα κρύσταλλο η χωρητικότητα φορτίου αν συνδεθεί:
 - α. σε σειρά, τότε ο κρύσταλλος παράγει την υψηλότερη δυνατή συχνότητα.
 - β. σε σειρά, τότε ο κρύσταλλος παράγει τη χαμηλότερη δυνατή συχνότητα.
 - γ. παράλληλα, τότε ο κρύσταλλος παράγει τη χαμηλότερη δυνατή συχνότητα.
 - δ. παράλληλα, τότε ο κρύσταλλος παράγει τη συχνότητα λειτουργίας.
6. Να αντιστοιχίσετε τα παρακάτω:

α. XO	1.	Κρυσταλλικός ταλαντωτής αίσθησης θερμοκρασίας με έξοδο HCMOS.
β. VCXO	2.	Κρυσταλλικός ταλαντωτής ρολογιού με έξοδο HCMOS.
γ. TSO	3.	Προγραμματιζόμενος κρυσταλλικός ταλαντωτής με έξοδο TTL.
δ. PXO	4.	Κρυσταλλικός ταλαντωτής ρολογιού με έξοδο TTL.
ε. XOHC	5.	Κρυσταλλικός ταλαντωτής ελεγχόμενος από τάση με έξοδο HCMOS και LS-TTL.

7. Οι κρυσταλλικοί ταλαντωτές γενικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σ' οποιαδήποτε εφαρμογή τους απαιτεί, ανεξάρτητα από τον τύπο τους. Σωστό ☐ Λάθος ☐.
8. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Ένας κρύσταλλος στο περίβλημά του έχει τυπωμένη την ονομαστική του συχνότητα η οποία είναι 100 KHz. Αυτός λοιπόν εργάζεται στη συχνότητα, ενώ ένας άλλος με ονομαστική συχνότητα 10 MHz εργάζεται σε κάποια του.
9. Οι περισσότεροι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι τροφοδοτούνται με τάση $5V \pm 5\%$. Σωστό ☐ Λάθος ☐.

50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Αισθητήρες - Μετατροπείς

Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να ορίζει γενικά τους αισθητήρες και μετατροπείς.
- Να αναφέρει τις κατηγορίες των αισθητήρων και μετατροπέων.
- Να ορίζει τα βασικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων πίεσης και να περιγράφει τους διάφορους τύπους και χρήσεις αυτών των αισθητήρων.
- Να περιγράφει τους τύπους και τις χρήσεις των αισθητήρων θέσης - απόστασης - κίνησης.
- Να περιγράφει τους τύπους και τις χρήσεις των αισθητήρων εγγύτητας.
- Να περιγράφει τους τύπους και τις χρήσεις των αισθητήρων θερμοκρασίας.
- Να περιγράφει τους τύπους και τις χρήσεις των αισθητήρων υγρών - αερίων.
- Να περιγράφει τους τύπους και τις χρήσεις των αισθητήρων περιβάλλοντος.

1.1. Εισαγωγή

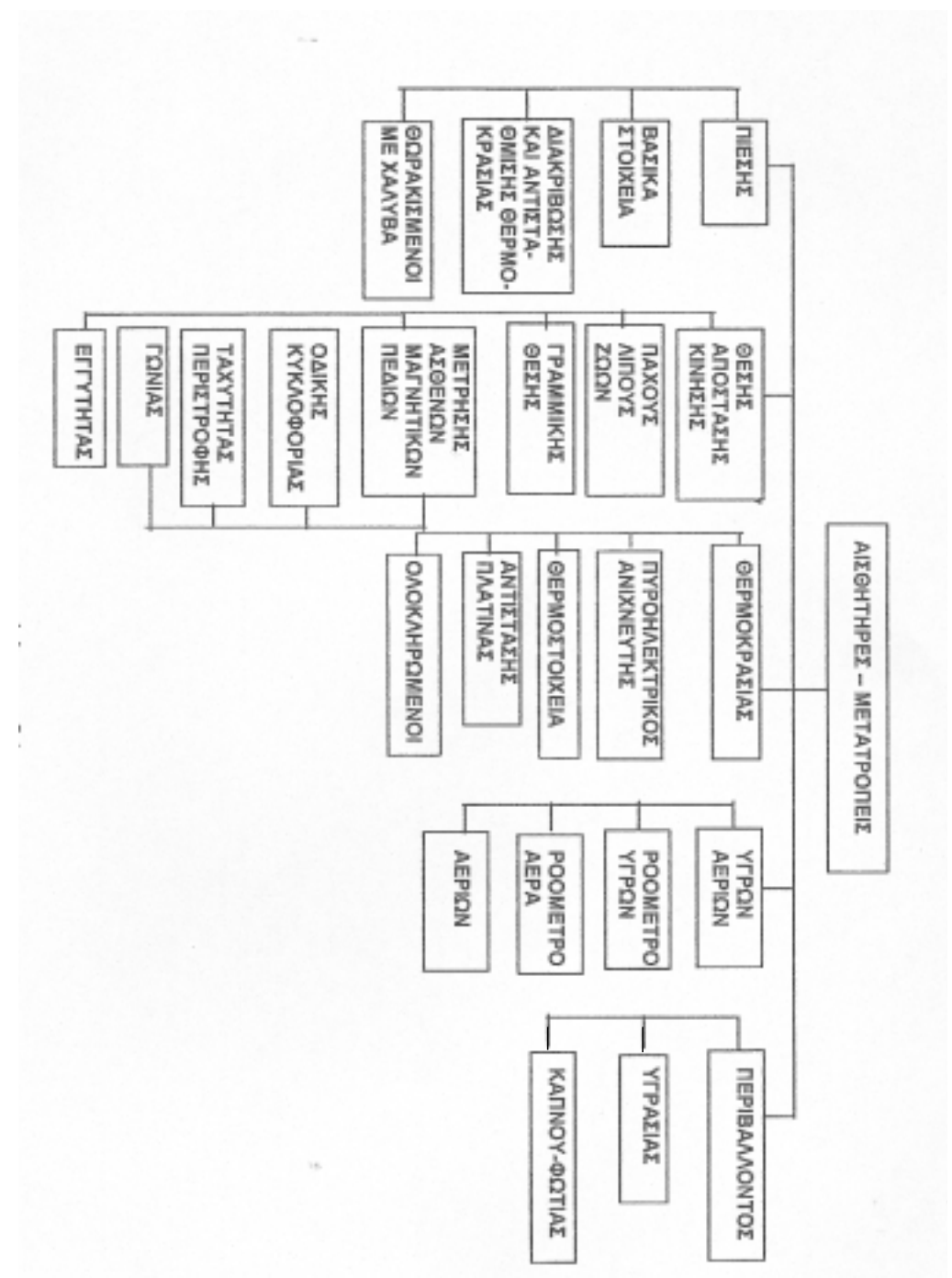
Αισθητήρας είναι η συσκευή η οποία ανιχνεύει ή μετράει μία φυσική ποσότητα. Μετατροπέας γενικά είναι η συσκευή η οποία μετατρέπει ενέργεια μιας μορφής σε μία άλλη. Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε κυρίως με τις συσκευές των οποίων η έξοδος είναι ένα ηλεκτρικό σήμα. Οι μεταβολές αυτού του σήματος είναι συνάρτηση του σήματος εισόδου. Βέβαια, οι διαφορές μεταξύ αισθητήρων και μετατροπέων πολλές φορές είναι δυσδιάκριτες. Αυτό συμβαίνει διότι ένας αισθητήρας εκτελεί μία ενέργεια μετατροπής και ένας μετατροπέας πρέπει κατ' ανάγκη να αισθάνεται ένα φυσικό μέγεθος.

Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι ένα megάφωνο είναι μετατροπέας διότι μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε ακουστική. Είναι δυνατόν το megάφωνο να χρησιμοποιηθεί και ως αισθητήρας μέτρησης μικρών βαρών. Αποδεικνύεται ότι η χρήση του megάφωνου καθορίζει τον όρο μετατροπέας ή αισθητήρας αντίστοιχα.

Αρκετοί μετατροπείς χρειάζονται εξωτερική ηλεκτρική διέγερση για τη λειτουργία τους, ενώ άλλοι -οι αυτοδιεγερρόμενοι- δε χρειάζονται. Η έξοδός τους μπορεί να είναι ψηφιακή ή αναλογική. Οι μετατροπείς χρησιμοποιούν χωρητικά, επαγωγικά, ηλεκτρομαγνητικά, φωτοαγώγιμα, πιεζοηλεκτρικά και άλλα στοιχεία.

Αισθητήρες είναι τα πιεσόμετρα, τα θερμόμετρα, τα επιταχυνσιόμετρα, οι αισθητήρες καπνού, φωτιάς, μαγνητικού πεδίου, ραδιενέργειας κ.ά.

Στο διάγραμμα 5.1 δίνονται οι κατηγορίες των αισθητήρων και των μετατροπέων με την παραδοχή ότι ισχύει η σχετικότητα του διαγράμματος ως προς την κατάταξη αυτών των εξαρτημάτων.



Διάγραμμα 5.1

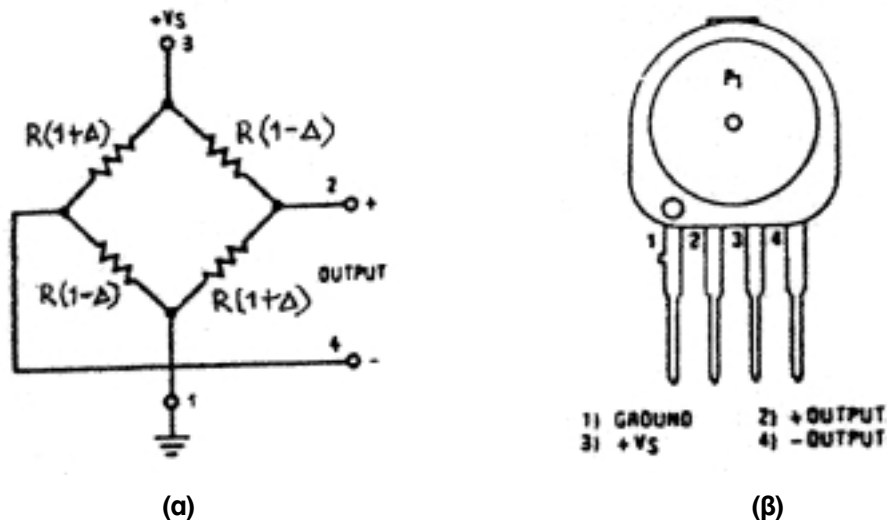
5.2 Αισθητήρες πίεσης

Για να γίνουν κατανοητά τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων πίεσης, χρειάζεται η επεξήγηση κάποιων όρων σχετικών με αυτά. Οι βασικοί όροι είναι:

- **Απόλυτη πίεση:** η πίεση η οποία μετράται σε σχέση με το κενό. Συνήθης μονάδα είναι το psia (πάουντς ανά τετραγωνική ίντσα -απόλυτη).
- **Σχετική πίεση:** αυτή η οποία μετράται σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση, με μονάδα το psig.
- **Διαφορική πίεση:** είναι η διαφορά πίεσης η οποία προκύπτει από τη μέτρηση μεταξύ δύο πηγών πίεσης, με μονάδα το psid.
- **Πίεση αναφοράς:** είναι αυτή η οποία χρησιμοποιείται ως αναφορά για τη μέτρηση των σφαλμάτων του μετατροπέα πίεσης.
- **Πίεση ριπής:** η μέγιστη πίεση που μπορεί να εφαρμοστεί σ' ένα μετατροπέα χωρίς να επέλθει ρήξη σε άλλο αισθητήρα ή περίβλημα μετατροπέα.

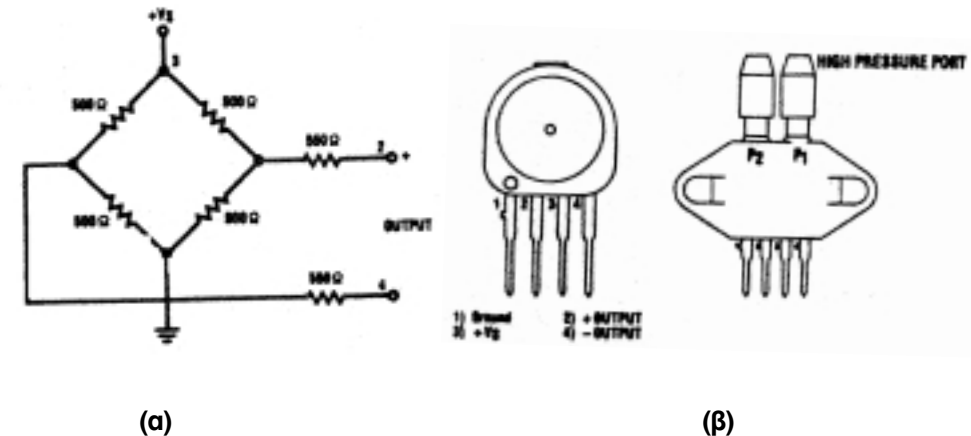
5.2.1 Βασικά στοιχεία πίεσης

- **Απόλυτης πίεσης:** αισθητήρας χαμηλού κόστους με εσωτερική αντιστάθμιση θερμοκρασίας και τροφοδοσία από πηγή σταθερού ρεύματος. Χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των ελαστικών αυτοκινήτων, σε ιατρικές συσκευές, στον έλεγχο πνευματικών συστημάτων κ.α. Στα σχ. 5.1 α, β δίνονται το ισοδύναμο κύκλωμα και η συνδεσμολογία του.



Σχήματα 5.1 α) ισοδύναμο κύκλωμα β) συνδεσμολογία αισθητήρα απόλυτης πίεσης

- **Διαφορικής και σχετικής πίεσης:** όμοια με τα προηγούμενα, αλλά κατασκευασμένα για διαφορετικές τιμές μέτρησης πίεσης.
- **Ολοκληρωμένου κυκλώματος:** χαμηλού κόστους αισθητήρας για μετρήσεις απόλυτης, σχετικής και διαφορικής πίεσης. Χρησιμοποιείται στην ιατρική, στα περιφερειακά των computers κ.α. Η συσκευή απόλυτης μέτρησης έχει ένα εσωτερικό κενό για αναφορά. Στα σχ. 5.2 α, β δίνονται το ισοδύναμο κύκλωμα και το περίβλημά τους. Οι αισθητήρες αυτού του τύπου κατασκευάζονται και με στοιχεία πιεζοαντίστασης.



Σχήματα 5.2 α) ισοδύναμο κύκλωμα β) περίβλημα αισθητήρα σχετικής ή διαφορικής πίεσης

5.2.2 Διακρίβωσης και αντιστάθμισης θερμοκρασίας

- **Ακριβείας:** αισθητήρες με αντιστάθμιση ακριβείας της θερμοκρασίας, με διακρίβωση μηδενός, χαμηλού θορύβου και κόστους για εφαρμογές μικρής ισχύος. Χρησιμοποιούνται στις ιατρικές εφαρμογές, ως βαρόμετρα, ως περιφερειακά των computers κ.α.
- **Ολοκληρωμένου κυκλώματος:** μονολιθικοί μετατροπείς πίεσης με ολοκληρωμένα κυκλώματα πιεζοαντίστασης. Περιλαμβάνουν θερμίστορ για αντιστάθμιση της θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται στα ιατρικά διαγνωστικά συστήματα, στον έλεγχο συστημάτων αυτοκινήτου κ.α.
- **Επίπεδοι:** χρησιμοποιούνται σε υδάτινες εφαρμογές, όπως το αλατόνερο. Ο αισθητήρας πιεζοαντίστασης περικλείεται σ' ένα πολυμερές περίβλημα και μονώνεται από το μετρούμενο μέσο από μία ελαστική μεμβράνη πολυμερούς.

5.2.3 Θωρακισμένοι με χάλυβα

Μετατροπείς πίεσης με αντιστάθμιση θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται στην υδραυλική, στα γεωργικά συστήματα κ.α. Εργάζονται με λάδια, υδραυλικά υγρά, αλκοόλ, freon κτλ. Τα καλώδιά τους διαθέτουν EMI/RFI προστασία. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους η αντοχή σε shock 50G και ριπές πίεσης ως 340 Bar. Στο σχ. 5.3 φαίνεται το περίβλημά τους.



Σχήμα 5.3 Μετατροπέας πίεσης θωρακισμένος με χάλυβα

5.3 Αισθητήρες θέσης - Απόστασης - Κίνησης

5.3.1 Μέτρησης πάχους λίπους ζώων

Για τη μέτρηση του πάχους του λίπους κάτω από το δέρμα των ζώων, π.χ. χοίρων, χρησιμοποιείται το Sonar. Η ταχύτητα του ήχου στο στρώμα λίπους είναι διαφορετική από την ταχύτητα στο κρέας του ζώου. Έτσι η ανακλώμενη δέσμη υπερήχων προκύπτει από την επιφάνεια μεταξύ του τέλους του λίπους και της αρχής του κρέατος.

5.3.2 Ανιχνευτής γραμμικής θέσης

Ο σχετικά νέος οπτικοηλεκτρονικός αισθητήρας PSD (Position - Sensitive Detector) ανιχνευτής αίσθησης θέσης, χρησιμοποιείται για την ανίχνευση οπτικής θέσης ή γωνίας στα συστήματα remote control, ανίχνευση κοσμικής ακτινοβολίας κ.α. Διαθέτει υψηλή ανάλυση θέσης, απόκριση σε ευρύ φάσμα συχνοτήτων, υψηλή ταχύτητα και καλή αξιοπιστία. Αποτελείται από τρία στρώματα ημιαγωγού P-I-N διαχωρισμένα μεταξύ τους. Το στρώμα P έχει δύο ηλεκτρόδια. Όταν μία κηλίδα φωτός προσπίπτει στο στρώμα P του PSD μετατρέπεται φωτοηλεκτρικά και το φορτίο οδηγείται διαμέσου της αντίστασης του στρώματος P στα ηλεκτρόδιά του και συλλέγεται από αυτά. Επειδή η ειδική αντίσταση αυτού του στρώματος είναι ομοιόμορφα κατανομημένη, το φωτόρρευμα που συλλέγεται από κάθε ηλεκτρόδιο είναι αντιστρόφως ανάλογο προς την απόσταση της φωτεινής κηλίδας και του ηλεκτροδίου. Αυτός ο τύπος PSD είναι μιας διεύθυνσης. Υπάρχουν όμως και PSD δύο διευθύνσεων.

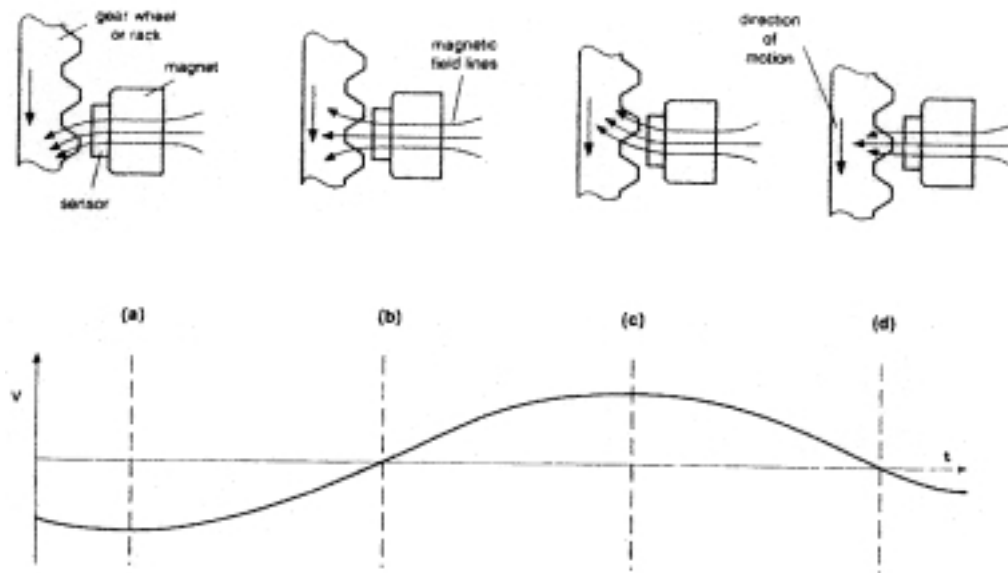
5.3.3 Αισθητήρες μέτρησης ασθενών μαγνητικών πεδίων

5.3.3.1 Οδικής κυκλοφορίας

Χρησιμοποιούνται για τον κυκλοφοριακό οδικό έλεγχο των οχημάτων και τη διευκόλυνση της κυκλοφορίας ή τον έλεγχο της ταχύτητας των οχημάτων. Τα σημερινά αυτοκίνητα και οχήματα περιέχουν σημαντική ποσότητα σιδηρομαγνητικών υλικών. Τα υλικά αυτά παράγουν ένα μαγνητικό πεδίο, το οποίο ανιχνεύεται από αισθητήρες υψηλής ευαισθησίας, ακόμη και αν το όχημα είναι απομαγνητισμένο ή η μηχανή του είναι από αλουμίνιο. Η παλαιότερη μέθοδος με την τοποθέτηση πηνίων κάτω από το οδόστρωμα δεν είναι αρκετά αξιόπιστη, γι' αυτό και έχει καταργηθεί.

5.3.3.2 Ταχύτητας περιστροφής

Είναι αισθητήρες διακριβωμένοι, μετρούν από μηδενική ταχύτητα περιστροφής, δεν επηρεάζονται από τις δονήσεις, έχουν ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα, διαθέτουν ψηφιακή έξοδο και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα για το χρονισμό της έναυσης του σπινθήρα στο θάλαμο καύσης, στα computers στους οδηγούς δίσκων, στους αναγνώστες μαγνητικών καρτών κ.α. Στο σχ. 5.4 παρουσιάζεται ο τρόπος ανίχνευσης της ταχύτητας περιστροφής ενός σιδηρομαγνητικού οδοντωτού τροχού στον άξονα y (π.χ. σύστημα πέδησης αυτοκινήτων ABS).



Σχήμα 5.4 Ανίχνευση ταχύτητας περιστροφής οδοντωτού τροχού

Το ημιτονικό σήμα παράγεται ανάλογα με την ταχύτητα περιστροφής του οδοντωτού τροχού· δηλαδή η συχνότητα του σήματος είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής. Η μέγιστη συχνότητα λειτουργίας του αισθητήρα είναι 25KHz. Τελικά μετά την επεξεργασία του σήματος εισόδου παράγονται τετραγωνικοί παλμοί, οι οποίοι οδηγούνται στον επεξεργαστή για την παραγωγή των σημάτων ελέγχου του συστήματος.

Για την ανίχνευση της ταχύτητας και της φοράς περιστροφής χρησιμοποιούνται δύο αισθητήρες, των οποίων τα σήματα εξόδου διαφέρουν κατά 90° .

5.3.3.3 Μέτρησης γωνίας

Για τη μέτρηση γωνίας υπάρχουν δύο τεχνικές. Η μία μετρά την ένταση πεδίου ενός περιστρεφόμενου μαγνήτη που είναι συνάρτηση της γωνίας (για γωνίες $\pm 90^\circ$) και η άλλη ανιχνεύει τη διεύθυνση του πεδίου όταν αυτό είναι πολύ ισχυρό (για γωνίες $\pm 15^\circ$, $\pm 35^\circ$ και $\pm 45^\circ$).

Χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα για τον ηλεκτρονικό έλεγχο του pedal επιτάχυνσης (γκάζι), τον έλεγχο της θέσης του chassis (σασί), τον έλεγχο της γωνίας του συστήματος διεύθυνσης κτλ.

5.3.4 Αισθητήρες εγγύτητας

Η λειτουργία των αισθητήρων εγγύτητας είναι διακοπτική, γι' αυτό και ορθότερα πρέπει να αναφέρονται ως διακόπτες. Ανάλογα με τον τύπο τους χωρίζονται σε επαγωγικούς, χωρητικούς, υπερήχων και οπτικούς διακόπτες.

Επαγωγικοί: η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στη μεταβολή της αυτεπαγωγής ενός πηνίου με την παρουσία μεταλλικού πυρήνα, ο οποίος δρα ως ενεργοποιητής του πηνίου. Το πηνίο συμμετέχει σε κύκλωμα γέφυρας ή συντονισμένου κυκλώματος και με την παρουσία του ενεργοποιητή χάνεται η ισορροπία της γέφυρας ή αποσυντονίζεται το κύκλωμα. Διατίθενται σε τύπους κανονικά ανοικτό ή κανονικά κλειστό.

Στο εμπόριο υπάρχουν επαγωγικοί ανιχνευτές όπως: ορθογώνιοι, κυλινδρικοί, εκτεταμένης περιοχής με σπείρωμα, σταθερής περιοχής κτλ. Αρκετοί από αυτούς παρέχουν έξοδο για τρανζίστορ ή triacs. Εργάζονται σε συχνότητες 25Hz ~ 5 KHz. Στα σχ. 5.5 φαίνονται δύο τύποι επαγωγικών ανιχνευτών.



Σχήματα 5.5 Επαγωγικοί ανιχνευτές

- **Χωρητικοί:** όπως και στην προηγούμενη περίπτωση, έτσι και τώρα ο χωρητικός ανιχνευτής συμμετέχει σε κύκλωμα γέφυρας ή σε συντονισμένο κύκλωμα. Ανιχνεύουν τα υλικά σε αποστάσεις αρκετά μεγαλύτερες από τους επαγωγικούς ανιχνευτές. Εργάζονται σε συχνότητες ως 400 Hz. Διατίθενται ανιχνευτές A.C. και D.C. Μπορεί να ανιχνευτούν σκόνης και υγρά αν αυτά τοποθετηθούν σε στερεά υλικά.

Υπερήχων: χρησιμοποιείται ο τρόπος διάχυσης των υπερήχων με τη χρήση ενός μετατροπέα για την εκπομπή και τη λήψη του ανακλώμενου σήματος από το υλικό και ο τρόπος διαμέσου του υλικού ο οποίος απαιτεί δύο μετατροπείς, ένα για εκπομπή και ένα για λήψη. Στο σχ. 5.6 παρουσιάζονται ανιχνευτές τρόπου διαμέσου του υλικού, με φέρουσα συχνότητα λειτουργίας 220KHz και τροφοδοσία (15 ~ 30 Vdc).



Σχήμα 5.6 Ανιχνευτές υπερήχων τρόπου διαμέσου του υλικού

- **Οπτικοί:** υπάρχουν ανιχνευτές διάχυσης, αντανάκλασης και διαμέσου του υλικού. Σ' όλες τις περιπτώσεις υπάρχει ένας πομπός και ένας δέκτης. Ως πομπός προτιμότερο είναι ένα LED που εργάζεται στο υπέρυθρο φάσμα. Οι οπτικοί ανιχνευτές έχουν πλεονεκτήματα σε σχέση με αυτούς των υπερήχων, διότι η δέσμη τους μπορεί να διαμορφωθεί παλμικά και να χρησιμοποιηθούν πολωμένα φίλτρα. Διατίθενται τύποι με ή χωρίς χρονική καθυστέρηση, διακόπτες οπτικής ίνας κ.ά. Στο σχ. 5.7 φαίνεται ένας πομποδέκτης αντανάκλασης με τροφοδοσία A.C.



Σχήμα 5.7 Οπτικός ανιχνευτής αντανάκλασης

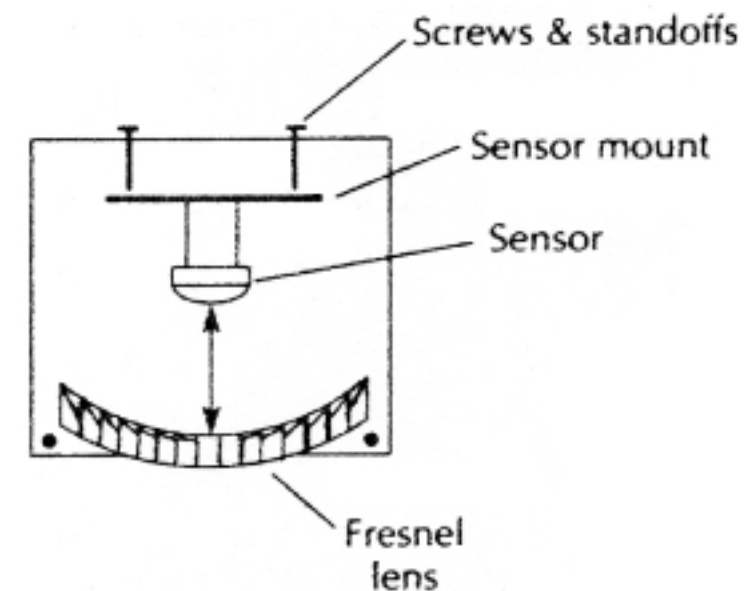
5.4 Αισθητήρες θερμοκρασίας

Ονομάζονται και έμμεσοι φωτοφωρατές διότι μετατρέπουν την ενέργεια των λαμβανόμενων φωτονίων σε θερμότητα και δευτερογενώς σε αντίστοιχη ηλεκτρική έξοδο. Ως τρόπος μέτρησης χρησιμοποιείται συχνότερα η διαφορική μέθοδος, κατά την οποία η θερμοκρασιακή διαφορά προκύπτει από τη θερμοκρασία του φωτοφωρατή σε σύγκριση με τη θερμοκρασία ενός όμοιου στοιχείου αναφοράς.

5.4.1 Πυροηλεκτρικός ανιχνευτής

Πυροηλεκτρικό φαινόμενο είναι αυτό κατά το οποίο μεταβάλλεται η αυθόρμητη διηλεκτρική πόλωση ενός υλικού ανάλογα με την ταχύτητα μεταβολής της θερμοκρασίας. Τα πλέον κατάλληλα είναι τα οπτικά πυρόμετρα ολικής ακτινοβολίας για απευθείας μετρήσεις θερμοκρασιών ως 1400°C.

Τα πυρόμετρα του εμπορίου είναι εφοδιασμένα με φακό Fresnel από πλαστικό σχ. 5.8 για να ανιχνεύουν μία περιοχή του χώρου.



Σχήμα 5.8 Πυροηλεκτρικός ανιχνευτής

5.4.2 Θερμοστοιχεία

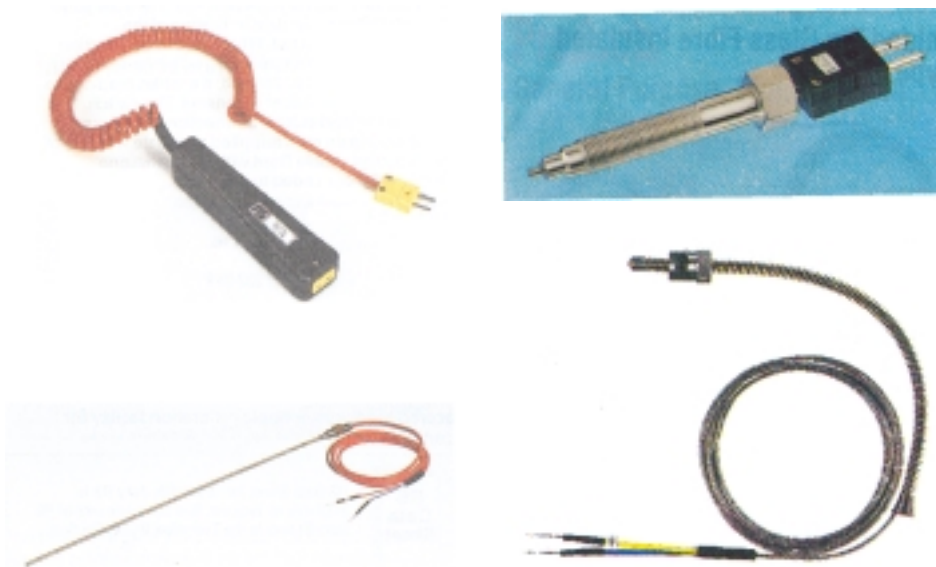
Η λειτουργία των θερμοστοιχείων βασίζεται στο φαινόμενο Seebeck, σύμφωνα με το οποίο όταν δύο διαφορετικά μέταλλα ή κράματα τεθούν σ' επαφή, τότε λόγω του διαφορετικού έργου εξόδου των ηλεκτρονίων τους στο σημείο επαφής εμφανίζεται μία "τάση επαφής". Πρακτικά, βέβαια, χρησιμοποιούνται δύο επαφές, μία ψυχρή και μία θερμή, οι οποίες όταν βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία δεν παράγουν καμία τάση. Η απλή επαφή πλατίνας-κονσταντάνης για διαφορά θερμοκρασίας 100°C παράγει $-3,3\text{mV}$, πλατίνας-χαλκού $0,75\text{mV}$ και πλατίνας-πυριτίου 45mV .

Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφοροι τύποι θερμοστοιχείων όπως S, R, J, K, T, N, E και δηλώνουν τα υλικά επαφής. Ως παράδειγμα αναφέρεται ότι το θερμοστοιχείο K έχει ως θετικό ηλεκτρόδιο NiCr και αρνητικό NiAl με περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας $(-200 \sim +1100)^{\circ}\text{C}$.

Όταν η απόσταση θερμοστοιχείου και οργάνου μέτρησης είναι σημαντική, τότε χρησιμοποιούνται καλώδια επέκτασης ή αντιστάθμισης. Τα καλώδια επέκτασης είναι από το ίδιο υλικό με το θερμοστοιχείο, ενώ τα αντιστάθμισης από διαφορετικό υλικό και χρησιμοποιούνται σε πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες από τα προηγούμενα. Το ίδιο συμβαίνει και για τους συνδετήρες μεταξύ καλωδίων και θερμοστοιχείων.

Οι χρήσεις των θερμοστοιχείων εξαρτώνται από τον τύπο της επαφής, από την ύπαρξη μόνωσης, από τα γεωμετρικά τους στοιχεία κτλ.

Στα σχ. 5.9 παρουσιάζονται διάφοροι τύποι θερμοστοιχείων.



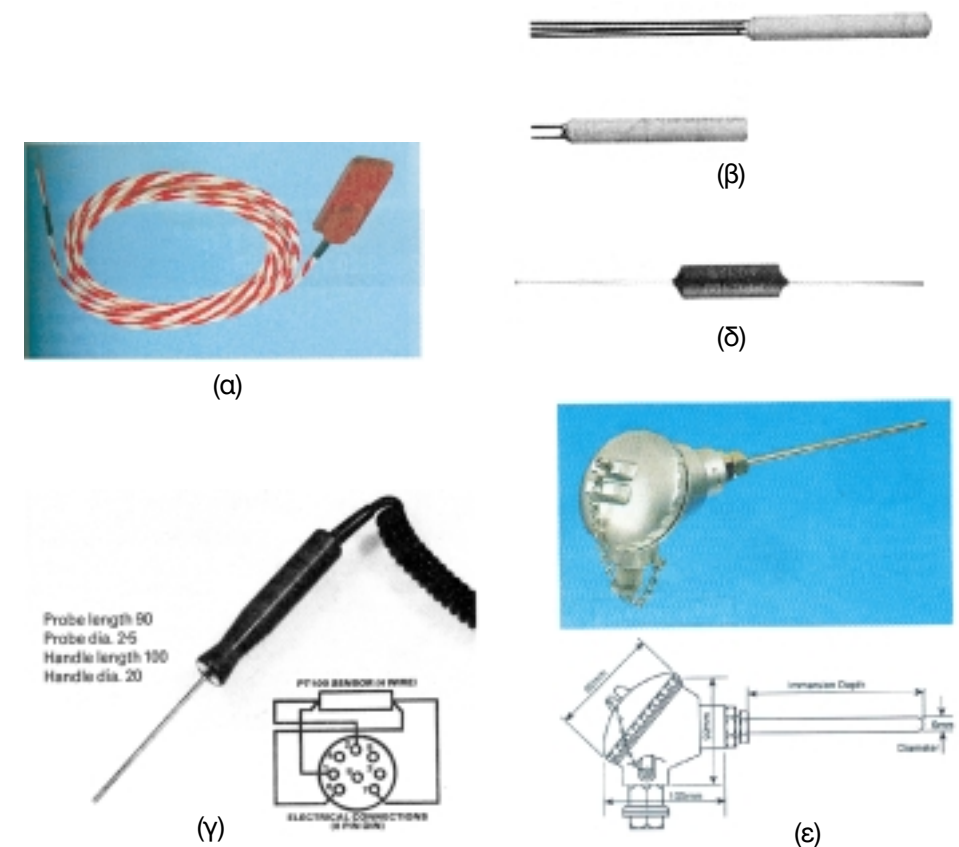
Σχήματα 5.9 Διάφοροι τύποι θερμοστοιχείων

5.4.3 Αντίστασης πλατίνας

Οι αισθητήρες αντίστασης από πλατίνα χρησιμοποιούνται για τη διακρίβωση άλλων θερμομέτρων, σε περιβάλλοντα διάβρωσης, δεν απαιτούν ειδικά καλώδια προέκτασης και έχουν γραμμικά χαρακτηριστικά.

Στο εμπόριο διατίθενται πολλοί τύποι αισθητήρων πλατίνας όπως:

- α. αυτοκόλλητη αντίσταση, για θερμοκρασίες $(-50 \sim +150)^{\circ}\text{C}$ σχ. 5.10α.
- β. θερμομέτρων, για θερμοκρασίες $(-50 \sim +450)^{\circ}\text{C}$ ως στοιχείο υψηλής ποιότητας σχ. 5.10β.
- γ. probe χειρός, για θερμοκρασίες ως 800°C με βύσμα DIN οκτώ ακροδεκτών σχ. 5.10γ.
- δ. αντίσταση ακριβείας, για θερμοκρασίες $(-40 \sim +150)^{\circ}\text{C}$ με γραμμική έξοδο και υψηλή ευαισθησία σχ. 5.10δ.
- ε. βιομηχανικού τύπου, για θερμοκρασίες $(-150 \sim +450)^{\circ}\text{C}$ για διάφορα περιβάλλοντα εργασίας σχ. 5.10ε.

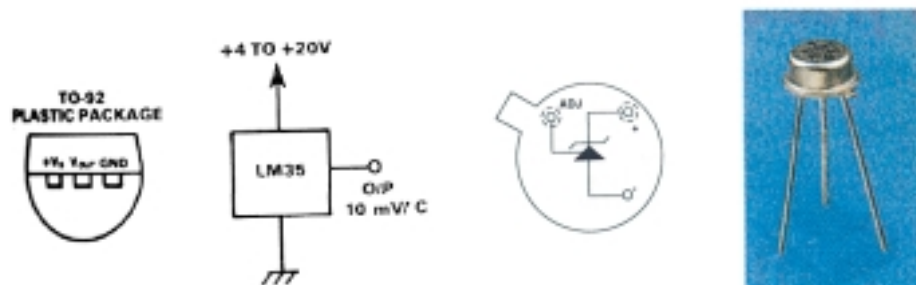


Σχήματα 5.10 Διάφοροι τύποι αισθητήρων αντίστασης πλατίνας

5.4.4 Ολοκληρωμένοι αισθητήρες

Οι ολοκληρωμένοι μονολιθικοί αισθητήρες δύο ή τριών ακροδεκτών έχουν γραμμική έξοδο σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και διατίθενται με μεταλλικό ή πλαστικό περίβλημα.

Το LM35 παρουσιάζει κέρδος $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ για τάση τροφοδοσίας $(-0,2 \sim +30)\text{V}_{\text{bc}}$. Είναι ιδανικό για μετρήσεις θερμοκρασίας περιβάλλοντος υπό τον όρο ότι εφοδιάζεται με την ψυχρή επαφή ενός θερμοστοιχείου για αντιστάθμιση. Το LM35 λειτουργεί ως μία δίοδος Zener με τάση κατάρρευσης ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας και είναι $+10\text{mV}/^{\circ}\text{K}$ στην περιοχή ρεύματος $400\mu\text{A}$ ως 15mA σχ. 5.11.



Σχήμα 5.11 Ολοκληρωμένος αισθητήρας θερμοκρασίας LM135

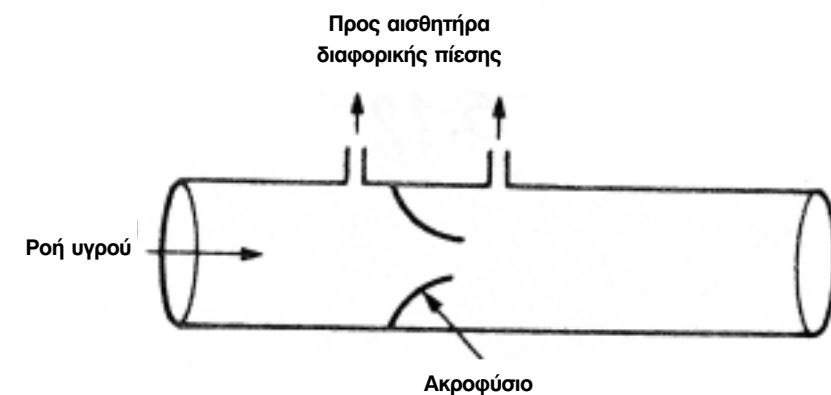
5.5 Αισθητήρες υγρών - αερίων

5.5.1 Ροόμετρο υγρών

Η μέτρηση της ροής των υγρών χρησιμοποιείται, κυρίως, στις βιομηχανίες γάλακτος, στις χημικές βιομηχανίες, στις βιομηχανίες παραγωγής αυτοκινήτων, στα συστήματα ψύξης-θέρμανσης κ.α.

Υπάρχουν τρεις τρόποι μέτρησης της ροής των υγρών: α) διανυσματικής ροής, δηλαδή μέτρηση της ταχύτητας και της κατεύθυνσης ροής, β) ροής όγκου, με μέτρηση του διερχόμενου όγκου του υγρού ανά sec και γ) ροής μάζας, με μέτρηση της μάζας του διερχόμενου υγρού, η οποία υπολογίζεται από τη σχέση $m = V \cdot \rho$, όπου ρ η πυκνότητα του υγρού.

Στο σχ. 5.12 παρουσιάζεται ο τρόπος μέτρησης ροής υγρών διαμέσου σωλήνα κυκλικής διατομής με ακροφύσιο, το οποίο αυξάνει την ταχύτητα ροής και μετρούμε τη διαφορά πίεσης πριν και μετά το ακροφύσιο με ένα αισθητήρα διαφορικής πίεσης



Σχήμα 5.12 Μέτρηση ροής υγρών

Στο εμπόριο διατίθενται ροόμετρα για χρήσεις με νερό ή λάδι και ρυθμού ροής (2 ~150)lit/min σχ. 5.13.

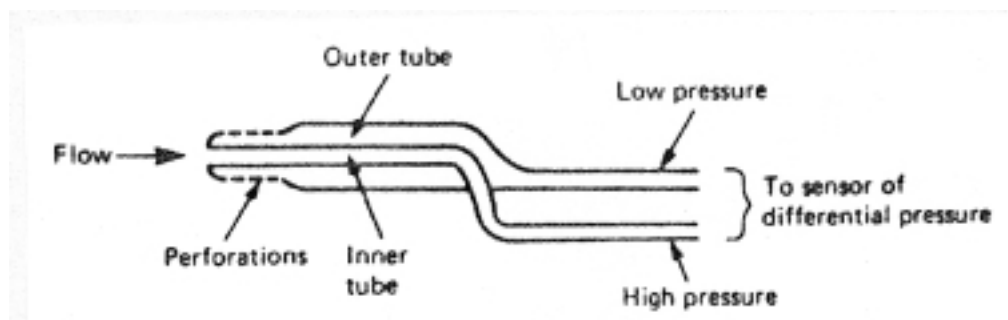


Σχήμα 5.13 Ροόμετρο νερού ή λαδιού

Υπάρχουν επίσης ροόμετρα για αποσταγμένο νερό, αλκαλικά υγρά ή διαλύματά τους, υδρογονάνθρακες ή διαλύματά τους, όχι όμως για αλκοόλες, ακετόνες κ.ά. Τέλος, υπάρχει και μία άλλη μέθοδος μέτρησης ροής με τη χρήση πομπού και δέκτη υπερήχων. Η ταχύτητα που υπολογίζεται από το χρόνο και την απόσταση μεταξύ πομπού-δέκτη, δίνει το άθροισμα της φυσικής διάδοσης των υπερήχων μέσα στο υγρό συν την ταχύτητα ροής του. Η αλλαγή στο μήκος κύματος των υπερήχων είναι ανάλογη της ταχύτητας ροής του υγρού και η απόλυτη τιμή της μπορεί εύκολα να υπολογιστεί.

5.5.2 Ροόμετρο αέρα

Ο σωλήνας Pitot χρησιμοποιείται ως ροόμετρο αέρα και υγρών με μικρό ιξώδες σχ. 5.14.



Σχήμα 5.14 Σωλήνας Pitot

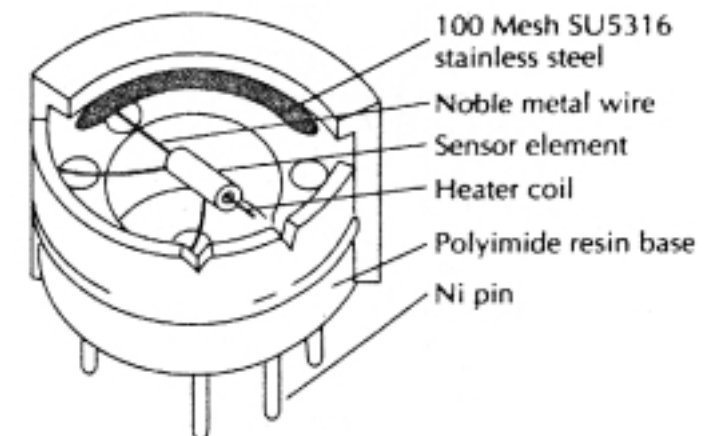
Στην άκρη του εσωτερικού σωλήνα με την υψηλή πίεση μετρούμε την ολική πίεση (στατική και δυναμική). Στην έξοδο των δύο σωλήνων -χαμηλής και υψηλής πίεσης- ένας αισθητήρας διαφορικής πίεσης μετρά τη διαφορά ολική μείον τη στατική πίεση, δηλαδή τη δυναμική πίεση.

Υπάρχουν μονοκατευθυντικοί μετατροπείς ροής αερίου για χρήση σε συστήματα air-conditioning, ιατρικό έλεγχο αναισθησίας, αναλυτές αερίων κτλ.

5.5.3 Αισθητήρες αερίων

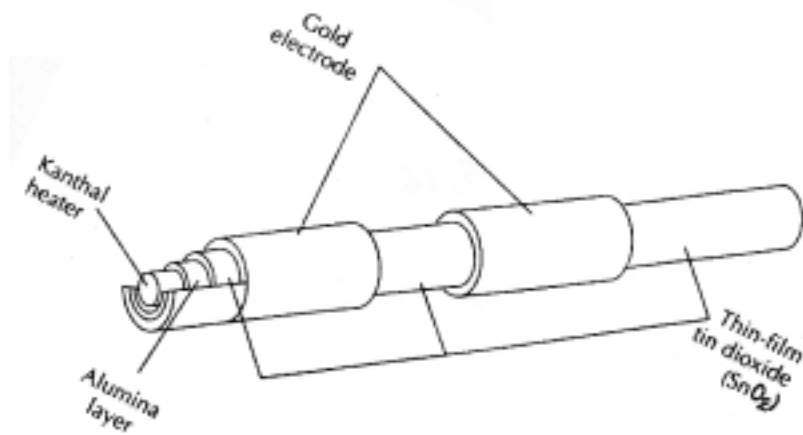
Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί νέοι αισθητήρες με βάση τα ημιαγώγιμα υλικά. Σ' αυτούς εφαρμόζεται η ιδιότητα των ημιαγωγών να μεταβάλλουν την αντίστασή τους όταν βρίσκονται σε περιβάλλον κάποιου αερίου. Κάθε ημιαγωγός ανάλογα με τις προσμίξεις και τη θερμοκρασία λειτουργίας του γίνεται ευαίσθητος σε ένα συγκεκριμένο αέριο. Έτσι έχουν κατασκευασθεί αισθητήρες για εύφλεκτα αέρια, τοξικά αέρια, χλωροφθοράνθρακες, οξυγόνο κ.ά.

Στο σχ. 5.15 φαίνεται ένας αισθητήρας ανίχνευσης CO, του οποίου η απόκριση επηρεάζεται από τη χαμηλή θερμοκρασία και η ακρίβειά του από την υγρασία του περιβάλλοντος. Γι' αυτούς τους λόγους, ο αισθητήρας υπερθερμαίνεται για κάποιο μικρό χρονικό διάστημα, ώστε να εξαλειφθεί η υγρασία και τα τυχόν εναπομείναντα μόρια αερίου από άλλη μέτρηση και η θερμοκρασία λειτουργίας του σταθεροποιείται στους 100°C. Σ' αυτή τη θερμοκρασία, το ρεύμα θέρμανσης διακόπτεται τρεις φορές για να μετρηθεί η αντίσταση του ημιαγωγού, η οποία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του CO.



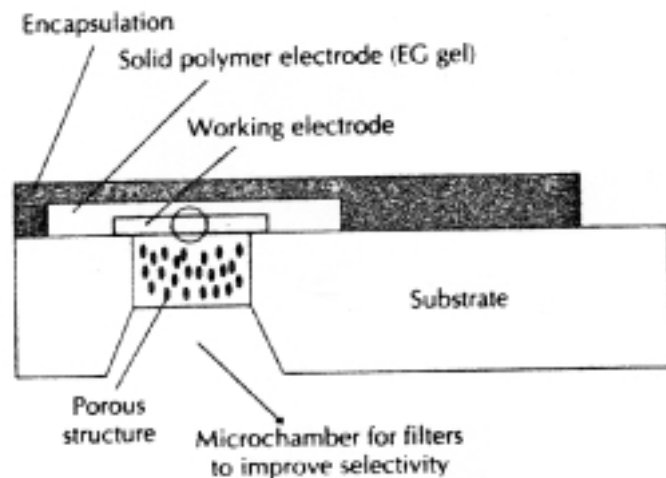
Σχήμα 5.15 Αισθητήρας ανίχνευσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO)

Στο σχ. 5.16 παρουσιάζεται αισθητήρας ανίχνευσης ενώσεων θείου και αιθανόλης. Παρόμοιοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση όζοντος.



Σχήμα 5.16 Αισθητήρας ανίχνευσης ενώσεων θείου

Στο σχ. 5.17 φαίνεται η δομή ενός αισθητήρα αερίου λεπτού film οξειδίου-μετάλλου. Το αέριο διαχέεται στο ηλεκτρόδιο για την ανίχνευσή του και αυτή η άμεση διάχυση προσδίδει γραμμική απόκριση στον αισθητήρα. Αυτού του τύπου μικροηλεκτροχημικοί αισθητήρες έχουν υψηλή επιλεκτικότητα.



Σχήμα 5.17 Μικροηλεκτροχημικός αισθητήρας ανίχνευσης αερίων

Τέλος, να τονίσουμε ότι στην αγορά διατίθενται αισθητήρες νέων τεχνολογιών όπως τα CHEMFETs (χημικά FETs) και τα ISFETs (ιοντοεπιλεκτικά FETs).

5.6 Αισθητήρες περιβάλλοντος

5.6.1 Σχετικής υγρασίας

Όταν αναφερόμαστε στους αισθητήρες υγρασίας, εννοούμε τους αισθητήρες σχετικής υγρασίας. Ορίζεται δε η σχετική υγρασία RH% ως:

$$RH\% = \frac{\frac{\delta}{\epsilon}}{\frac{\epsilon}{\epsilon_0}} \cdot 100 \quad 5.1$$

για τις ίδιες θερμοκρασίες μέτρησης.

Μία απλή μέθοδος μέτρησης της σχετικής υγρασίας είναι το υγρόμετρο τρίχας. Το μήκος μιας ανθρώπινης τρίχας ελαττώνεται σε ξηρό περιβάλλον και αυξάνεται σε υγρό περιβάλλον. Μία τρίχα ελαφρώς τεντωμένη μεταβάλλει το μήκος της ανάλογα με την υγρασία του περιβάλλοντος, το οποίο μπορεί να μετρηθεί μ' ένα γραμμικά μεταβαλλόμενο διαφορικό μετασχηματιστή (LVDT), ένα γραμμικό ποτενσιόμετρο ή ένα χωρητικό αισθητήρα. Αυτού του τύπου αισθητήρες υγρασίας χρησιμοποιούνται στα σπίτια, νοσοκομεία κ.α. Μετρούν σχετική υγρασία (30 ~ 90)% για μέγιστη θερμοκρασία 40°C.

5.6.2 Φωτιάς - καπνού

- Στους ανιχνευτές φωτιάς χρησιμοποιούνται δύο θερμίστορ σε συνδεσμολογία γέφυρας. Το ένα θερμίστορ είναι τοποθετημένο σε ψυκτήρα και το άλλο ελεύθερο έτσι ώστε το σύστημα να ισορροπεί στους 57°C. Η γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας κάνει το σύστημα να χάσει την ισορροπία του, με αποτέλεσμα να διεγείρεται ο μηχανισμός συναγερμού φωτιάς.
- Οι ανιχνευτές καπνού είναι δύο τύπων: α) ιονισμού, οι οποίοι ανιχνεύουν τον ιονισμό αέρα από τη φωτιά με την παρουσία λίγου ή καθόλου καπνού και β) οπτικοί, οι οποίοι ανιχνεύουν την παρουσία καπνού με ή χωρίς αύξηση της θερμοκρασίας. Οι ανιχνευτές καπνού ιονισμού χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, ενώ οι οπτικοί ανιχνευτές στις οικιακές εφαρμογές.

Οι ανιχνευτές ιονισμού χρησιμοποιούν μία πηγή ραδιενέργειας, συνήθως το ισότοπο αμερίκιο 241 με χαμηλό επίπεδο έντασης, περίπου 0,8 μCi (Curie). Στον ανιχνευτή υπάρχει ένα κενό μεταξύ της πηγής ραδιενέργειας και του ηλεκτροδίου, το οποίο κενό καθίσταται αγωγίμο από την εκπομπή σωματιδίων α. Η παρουσία καπνού στο θάλαμο

ιονισμού κάνει τα σωματίδια α να προσκολλώνται στα σωματίδια καπνού τα οποία ως μεγαλύτερα οδεύουν πιο αργά προς το ηλεκτρόδιο με αποτέλεσμα το ρεύμα να μειώνεται. Η μείωση αυτή του ρεύματος ανιχνεύεται και έτσι διεγείρεται το κατάλληλο σύστημα συναγερμού.

Οι οπτικοί ανιχνευτές βασίζονται στο φαινόμενο της δέσμης μη πολωμένου φωτός να διαδίδεται στον καθαρό αέρα και να είναι αόρατη εκτός του άξονα διάδοσής της. Με την παρουσία καπνού, η δέσμη σκεδάζεται τυχαία από τα σωματίδια και έτσι η ανίχνευση φωτός σ' όλες τις διευθύνσεις δηλώνει την παρουσία καπνού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να ορίσετε τους αισθητήρες και τους μετατροπείς.
2. Ένας αισθητήρας δεν μπορεί να είναι μετατροπέας, όπως και ένας μετατροπέας δεν μπορεί να είναι αισθητήρας. Σωστό ☐ Λάθος ☐
3. Ποια είναι η διαφορά μεταξύ αυτοδιεγειρόμενων και μη αυτοδιεγειρόμενων μετατροπέων;
4. Να σχεδιάσετε διάγραμμα με τις κατηγορίες αισθητήρων και μετατροπέων.
5. Στους παρακάτω όρους πίεσης να αντιστοιχίσετε την αναφορά μέτρησης:

1.	απόλυτη πίεση	α.	ατμοσφαιρική πίεση
2.	σχετική πίεση	β.	μέγιστη πίεση
3.	διαφορική πίεση	γ.	κενό
4.	πίεση ριπής	δ.	διαφορά πίεσης δύο πηγών

6. Να συμπληρώσετε τα κενά: Τα βασικά στοιχεία πίεσης χρησιμοποιούνται στις , στα , στα των κ.ά., τα στοιχεία διακρίωσης και αντιστάθμισης θερμοκρασίας στον , ως , σε και οι μετατροπείς με θωράκιση χάλυβα στα και στην χρησιμοποιώντας λάδια, υγρά, κ.ά.
7. Να περιγράψετε συνοπτικά τη λειτουργία του οπτοηλεκτρονικού αισθητήρα (PSD). Σε ποιες εφαρμογές χρησιμοποιείται;
8. Στις παρακάτω εφαρμογές να αντιστοιχίσετε τους αισθητήρες που σας δίνονται:

1. οδηγοί δίσκων computers	α. οδικής κυκλοφορίας
2. αναγνώστες μαγνητικών καρτών	β. ταχύτητας περιστροφής
3. έλεγχος οδικής κυκλοφορίας	γ. μέτρησης γωνίας
4. έλεγχος θέσης chassis	
5. χρονισμός έναυσης σπινθήρα κινητήρα	
6. σύστημα πέδησης αυτοκινήτου	
7. έλεγχος συστήματος διεύθυνσης	

9. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Οι αισθητήρες εγγύτητας είναι , , και
- 10.α) Τι καλείται πυροηλεκτρικό φαινόμενο;
β) Τι ονομάζεται φαινόμενο Seebeck;

α) Οι τύποι των θερμοστοιχείων του εμπορίου είναι: S, R, J, K, T, N, E.

Σωστό Λάθος

β) Τα καλώδια επέκτασης και αντιστάθμισης είναι από το ίδιο υλικό με τα θερμοστοιχεία. Σωστό Λάθος

Να αναφέρετε διάφορους τύπους αισθητήρων αντίστασης πλατίνας.

Να συμπληρώσετε τα κενά:

Οι τρόποι μέτρησης ροής των υγρών είναι:,
..... και Στο εμπόριο διατίθενται ροόμετρα για
ρυθμούς ροής lit/min.

Ποια ιδιότητα των ημιαγωγών χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη των νέων αισθητήρων αερίων;

α) Πώς ορίζεται η σχετική υγρασία;

β) Να περιγράψετε συνοπτικά την αρχή λειτουργίας αισθητήρα σχετικής υγρασίας. Οι ανιχνευτές φωτιάς βασίζονται στην αύξηση της θερμοκρασίας και όχι στο ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος.

Σωστό Λάθος

Να συμπληρώσετε τα κενά: Στους ανιχνευτές καπνού τύπου ιονισμού χρησιμοποιείται πηγή, ενώ στους οπτικούς ανιχνευτές χρησιμοποιείται δέσμη

60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ηλεκτρακουστικοί Μετατροπείς



Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

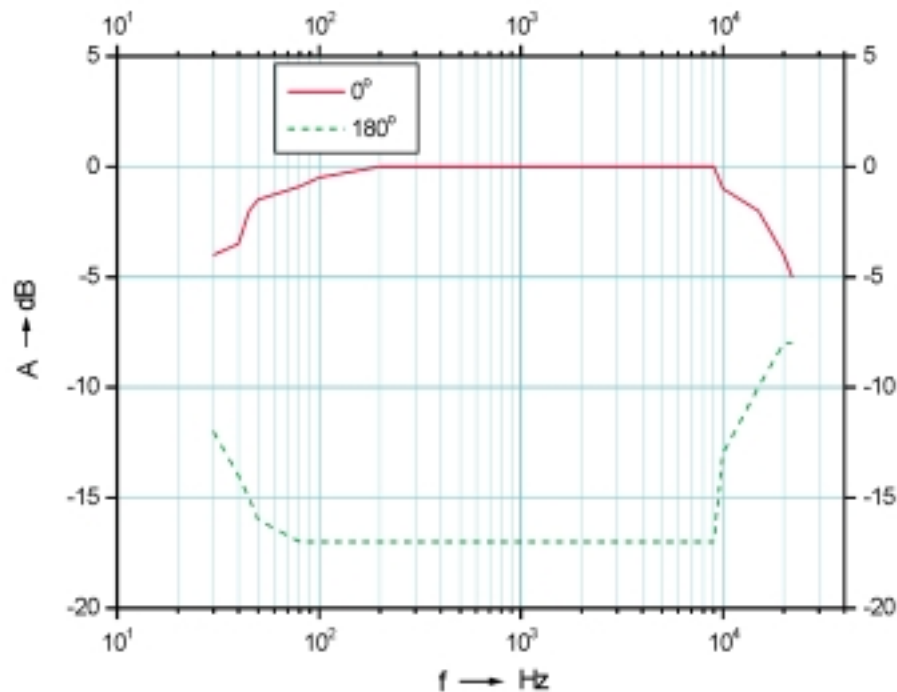
- Να αναφέρει τα είδη Η/Α μετατροπέων των τυπωμένων κυκλωμάτων απλής όψης και πολλαπλών όψεων.
- Να απαριθμεί τα χαρακτηριστικά των μικροφώνων, μεγαφώνων και ηχείων.
- Να περιγράφει τις εφαρμογές και τις χρήσεις των Η/Α μετατροπέων.

6.1. Μικρόφωνα

6.1.1. Χαρακτηριστικά μικροφώνων

Τα μικρόφωνα είναι συσκευές που μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια των ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρική ενέργεια. Τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη είναι:

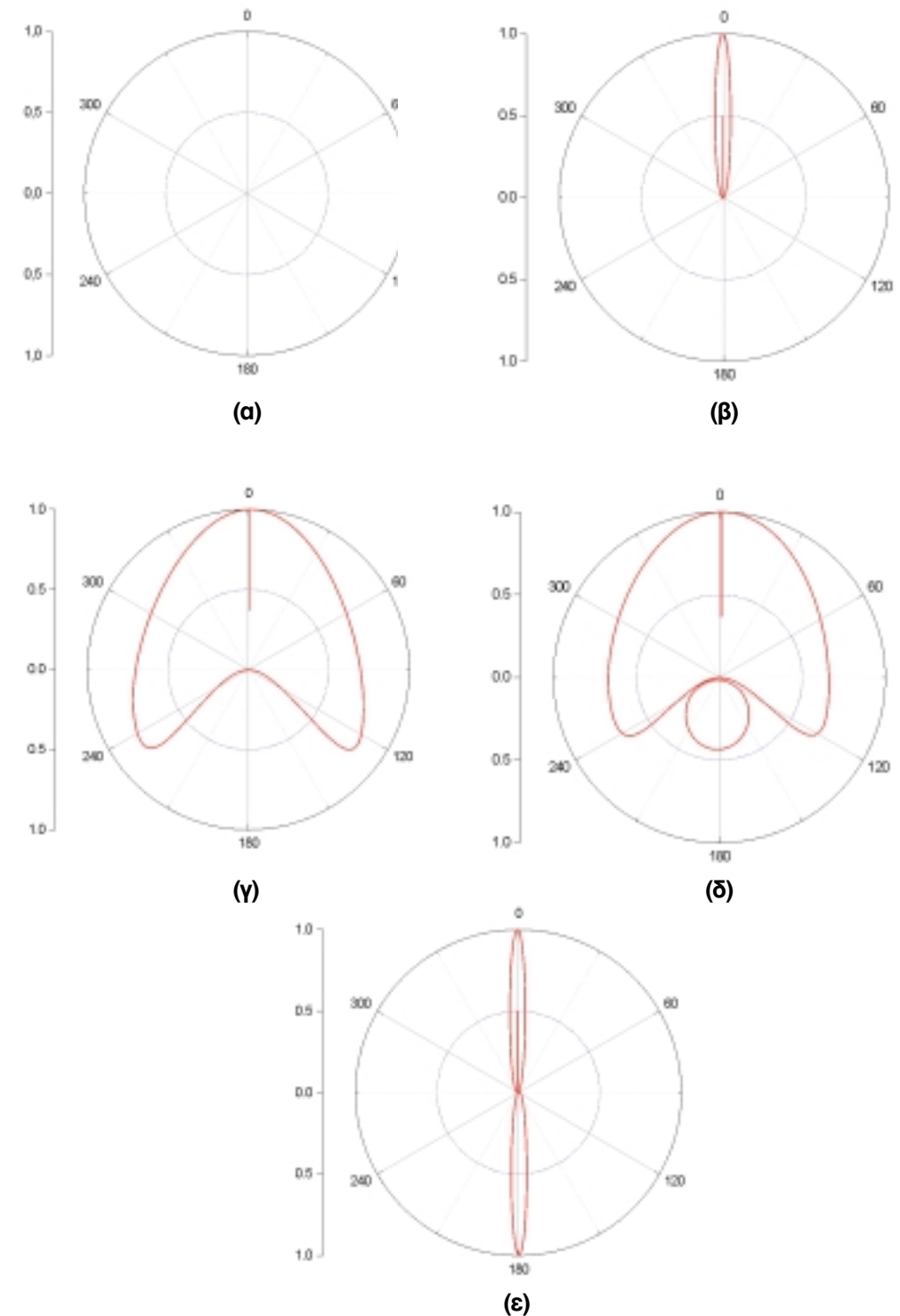
- **Ευαισθησία:** ο λόγος της τάσης εξόδου προς την ένταση του ηχητικού σήματος στην είσοδο. Μετράται σε mV/μbar ή dB-SPL (Sound Pressure Level-Επίπεδο Πίεσης Ηχου). Η στάθμη αναφοράς των 0dB-SPL αντιστοιχεί στο 1V/μbar.¹
- **Απόκριση συχνότητας:** αναφέρεται στην μεταβολή της ισχύος σε συνάρτηση με τη συχνότητα (σχήμα 6.1). Μετράται κατά μήκος του άξονα του μικροφώνου κατά μέτωπο (γωνία 0°) και ορισμένες φορές κατά την αντίθετη κατεύθυνση (γωνία 180°).



Σχήμα 6.1 Καμπύλες συχνотικής απόκρισης κατά μήκος του άξονα μικροφώνου

- **Κατευθυντικότητα:** αναφέρεται στην μεταβολή της ισχύος σε συνάρτηση με την κατεύθυνση γύρω από τον άξονα του μικροφώνου. Περιγράφεται από τα λεγόμενα πολικά διαγράμματα που καλύπτουν τις γωνίες 0 έως 360° (σχήμα 6.2).

¹ Το ένα μbar είναι μονάδα πίεσης. Είναι ίσο περίπου με το ένα εκατομμυριοστό της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας.

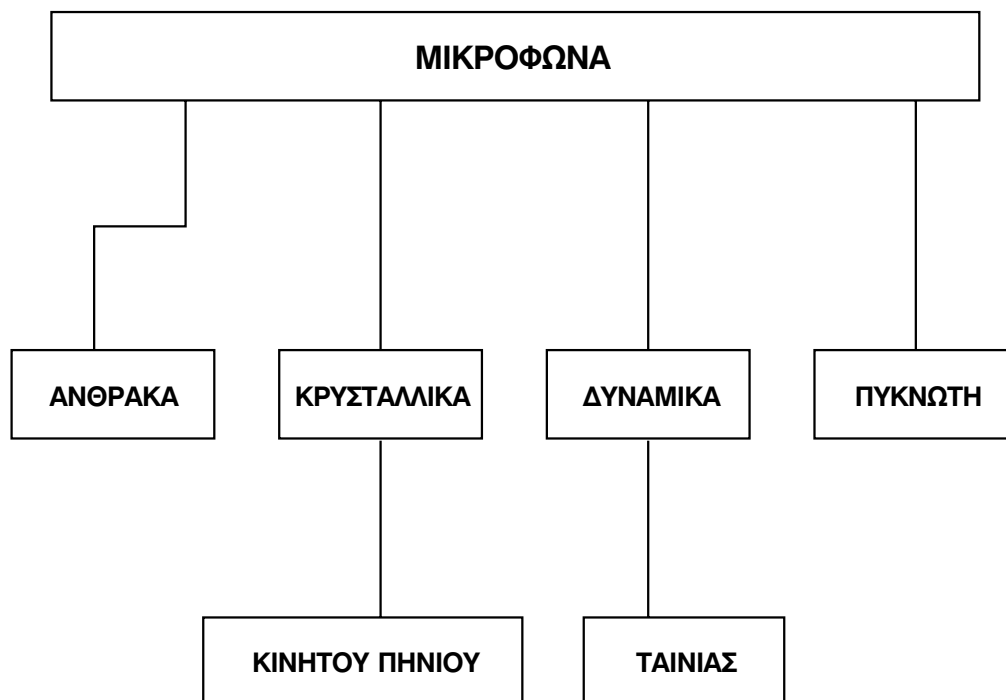


Σχήμα 6.2 Πολικά διαγράμματα μικροφώνων: α. Πανκατευθυντικό, β. Κατευθυντικό, γ. Καρδιοειδές, δ. Υπερκαρδιοειδές, ε. Διποκατευθυντικό

- **Θόρυβος:** είναι παρασιτικό σήμα πού οφείλεται στην κατασκευή του μικροφώνου. Μετράται σε mV ή dB-SPL οπότε αναφέρεται στην ένταση του ηχητικού κύματος, που αν εφαρμοσθεί στο μικρόφωνο θα δώσει στην έξοδό του τάση ίση με τον ηλεκτρικό θόρυβο.
- **Υπερφόρτωση:** η ελάχιστη ένταση ηχητικού κύματος για την οποία το μικρόφωνο δημιουργεί παραμόρφωση. Μετράται σε dB-SPL
- **Αντίσταση εξόδου:** παίρνει διάφορες τιμές και παίζει ρόλο στη σύνδεση του μικροφώνου με τον ενισχυτή. Μετράται σε Ω.

6.1.2 Κατηγορίες μικροφώνων

Οι κυριότερες κατηγορίες μικροφώνων παρουσιάζονται στο διάγραμμα



Διάγραμμα 6.1

6.1.2.1. Μικρόφωνα άνθρακα

Η λειτουργία τους βασίζεται στην μεταβολή της αντίστασης κόκκων άνθρακα με την πρόσπτωση του ηχητικού κύματος σε μεταλλική μεμβράνη που βρίσκεται σε επαφή με αυτούς. Με τον τρόπο αυτό οι αυξομειώσεις της έντασης του ήχου μετατρέπονται σε μεταβαλλόμενη ηλεκτρική τάση. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η αρκετά μεγάλη ευαισθησία, η μηχανική αντοχή και το χαμηλό κόστος. Τα μειονεκτήματά τους είναι η απόκριση σε περιορισμένη περιοχή συχνοτήτων (200Hz-2kHz) και ο αυξημένος θόρυβος. Η κυριότερη χρήση τους είναι στις τηλεφωνικές συσκευές.

6.1.2.2. Κρυσταλλικά μικρόφωνα

Περιέχουν πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο στα άκρα του οποίου αναπτύσσεται τάση όταν μεταβάλλεται η πίεση εξαιτίας του ηχητικού κύματος. Ο κρύσταλλος έχει τη μορφή φύλλου και είναι προσκολλημένος σε ειδικό διάφραγμα. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η ικανοποιητική απόκριση σε αρκετά μεγάλη περιοχή συχνοτήτων, η δυνατότητα λειτουργίας χωρίς τροφοδοσία από πηγή τάσης και οι σχετικά μικρές διαστάσεις. Στα μειονεκτήματά τους συγκαταλέγονται η μέτρια ευαισθησία και η έλλειψη μηχανικής αντοχής.

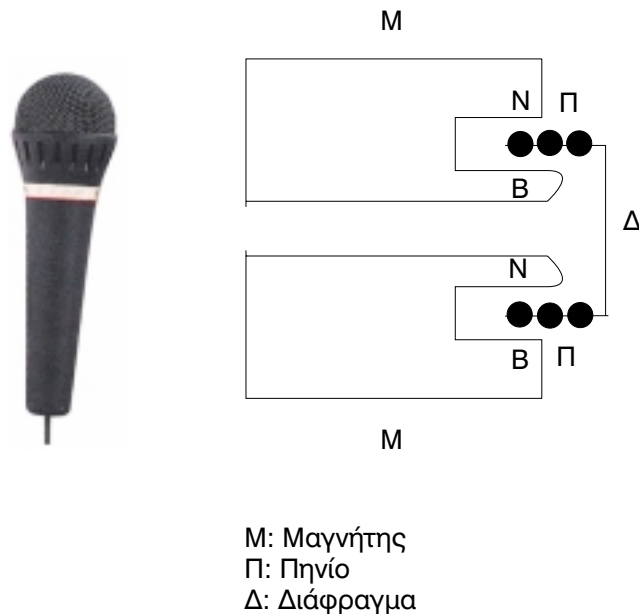
6.1.2.3. Δυναμικά μικρόφωνα

Η λειτουργία τους βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής, δηλαδή στην εμφάνιση ηλεκτρικού ρεύματος στο εσωτερικό αγωγού όταν αυτός κινείται σχηματίζοντας γωνία με τη διεύθυνση μαγνητικού πεδίου. Η κίνηση οφείλεται στα ηχητικά κύματα από τα οποία και προκαλείται το επαγωγικό ρεύμα των δυναμικών μικροφώνων χωρίς την ανάγκη ξεχωριστής τροφοδοσίας. Διακρίνουμε τις δύο βασικές υποκατηγορίες των μικροφώνων κινητού πηνίου και των μικροφώνων ταινίας.

● Μικρόφωνα κινητού πηνίου

Η δομή τους φαίνεται στο σχήμα 6.3. Τα ηχητικά κύματα θέτουν σε κίνηση το λεπτό διάφραγμα Δ (πάχους μισού περίπου χιλιοστού και διαμέτρου 20-30 χιλιοστών). Στο διάφραγμα είναι συνδεδεμένο το πηνίο λεπτού σύρματος Π (πηνίο φωνής) το οποίο βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο του μόνιμου μαγνήτη Μ. Η κίνηση του πηνίου στο πεδίο προκαλεί ηλεκτρικό ρεύμα με συχνότητα ίση με αυτήν του ηχητικού κύματος και πλάτος ανάλογο με την έντασή του.

Πολικό διάγραμμα:
Υπερκαρδιοειδές
Περιοχή συχνοτήτων:
40Hz-15kHz
Ευαισθησία: 54 dB
Θόρυβος: -8 dB
Υπερφόρτωση: > 150 dB



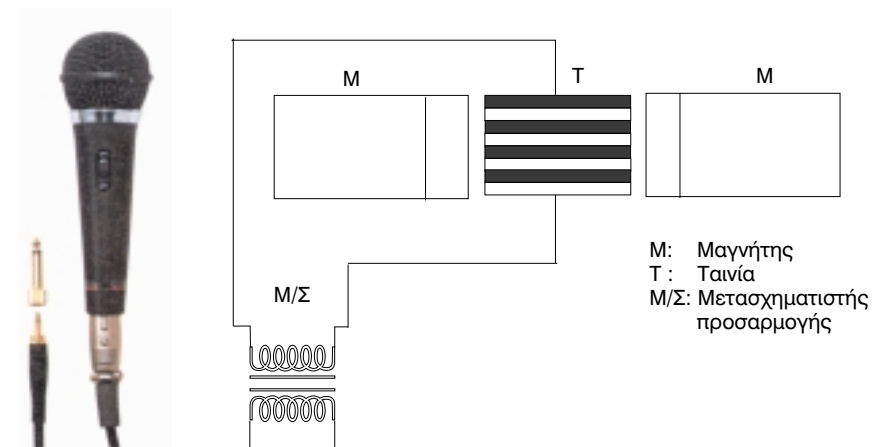
Σχήμα 6.3 Δομή και τυπικά χαρακτηριστικά μικροφώνου κινητού πηνίου

Τα μικρόφωνα αυτά είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για εξωτερική λήψη. Για το σκοπό αυτό συνήθως εφοδιάζονται με πρόσθετο μεταλλικό πλέγμα, το εσωτερικό του οποίου ενισχύεται με ειδικό αφρώδες υλικό για προστασία από το θόρυβο που είναι δυνατό να προκαλέσει ο άνεμος. Η απόκριση που παρουσιάζουν δεν είναι απόλυτα ομοιόμορφη για τιμές της συχνότητας μεγαλύτερες από τα 5 kHz. Αυτό οφείλεται στη δυσκολία κίνησης που χαρακτηρίζει τα πηνία φωνής στις υψηλές συχνότητες. Η κατευθυντικότητα τους αντιστοιχεί στην υπερκαρδιοειδή καμπύλη του σχήματος 6.2 δ. Δεν απαιτούν πηγή τροφοδοσίας και παρουσιάζουν τυπική τιμή αντίστασης εξόδου 200Ω.

• Μικρόφωνα ταινίας

Αντί για πηνίο φωνής χρησιμοποιούν εξαιρετικά λεπτή ταινία αλουμινίου πάχους $3\mu m^1$ περίπου. Η ταινία δεν είναι επίπεδη αλλά αντίθετα σχηματίζει σειρά πτυχώσεων, ώστε να έχει την απαραίτητη μηχανική αντοχή (σχήμα 6.4). Η κίνηση της ταινίας μετατρέπει τα ηχητικά κύματα σε ηλεκτρικό ρεύμα. Και στη σχεδίαση αυτή οι διαστάσεις της ταινίας προκαλούν μείωση της απόκρισης στις υψηλές συχνότητες. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται στα μικρόφωνα τυπωμένης ταινίας. Στην κατηγορία αυτή το διάφραγμα κατασκευάζεται από ελαφρό πολυεστερικό υλικό. Μέρος της επιφάνειας του διαφράγματος καταλαμβάνει μία τυπωμένη λωρίδα αλουμινίου την οποία και διαρρέει το επαγωγικό ρεύμα. Η κατευθυντικότητα αντιστοιχεί συνήθως στο διπλοκατευθυντικό διάγραμμα του σχήματος 6.2 ε. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ταινία επηρεάζεται από ηχητικά κύματα που φθάνουν σε αυτή και από τις δύο πλευρές. Η αντίσταση εξόδου είναι πολύ μικρή και για την αύξησή της μέχρι την τιμή των 200Ω είναι απαραίτητος μετασχηματιστής με λόγο μετασχηματισμού της τάξης του 1000. Ο θόρυβος γενικά στα δυναμικά μικρόφωνα οφείλεται στην κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα από το πηνίο ή την ταινία.

Πολικό διάγραμμα:
Διπλοκατευθυντικό
Περιοχή συχνοτήτων: 40 Hz-18kHz
Ευαισθησία: 52 d
Βθόρυβος: -145 dB
Υπερφόρτωση: > 160 dB



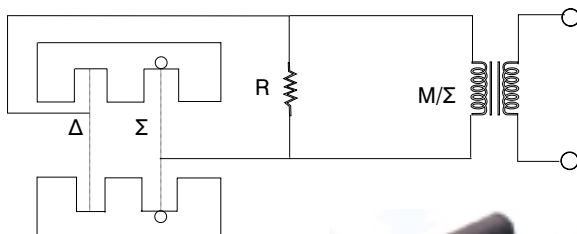
Σχήμα 6.4 Δομή και τυπικά χαρακτηριστικά μικροφώνου ταινίας

¹1μm=1 εκατομμυριοστό του μέτρου

6.1.2.4. Μικρόφωνα πυκνωτή

Η κεφαλή τους αποτελείται από δύο λεπτές αγώγιμες πλάκες διαμέτρου 30 περίπου χιλιοστών από τις οποίες η μία είναι σταθερή και η άλλη κινητή. Η δεύτερη πλάκα αλλάζει θέση εξαιτίας του ηχητικού κύματος που φθάνει στο μικρόφωνο και έτσι το σύστημα ισοδυναμεί με μεταβλητό πυκνωτή. Ο πυκνωτής συνδέεται σε σειρά με πηγή σταθερής τάσης και αντίσταση μέσα από την οποία φορτίζεται και εκφορτίζεται και με τον τρόπο αυτό η ενέργεια των ηχητικών κυμάτων μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αντίσταση έχει κατάλληλη τιμή, ώστε η σταθερά χρόνου του κυκλώματος να είναι μικρότερη από την περίοδο των ηχητικών κυμάτων. Η απόκριση των μικροφώνων πυκνωτή στις υψηλές συχνότητες είναι, σε σύγκριση με τα δυναμικά μικρόφωνα, πολύ καλή. Αυτό οφείλεται στο μικρό βάρος των πλακών του πυκνωτή. Οι πλάκες κατασκευάζονται είτε από ένα ελαφρύ μέταλλο όπως το τιτάνιο είτε από πολυεστερικό υλικό το οποίο, στη συνέχεια, καλύπτεται από λεπτό στρώμα αγώγιμου υλικού. Η αντίσταση εξόδου, όμως είναι πολύ μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα δυναμικά μικρόφωνα. Η χρήση τρανζίστορ FET ή λυχνιών κενού έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση της αντίστασης εξόδου. Η κατευθυντικότητα συνήθως αντιστοιχεί στις υπερκαρδιοειδείς καμπύλες των σχημάτων 6.2 γ και δ. Ορισμένα μικρόφωνα πυκνωτή περιέχουν σύστημα δύο κινητών πλακών. Με την κατάλληλη εξωτερική ρύθμιση είναι δυνατό τα ηχητικά κύματα που φθάνουν στις δύο πλάκες να συμβάλουν σε συμφωνία ή αντίθεση φάσης.

Πολικό διάγραμμα:
επιλεγόμενης μορφής
Περιοχή συχνοτήτων: 20 Hz-20 kHz
Ευαισθησία: 34dB
Θόρυβος: -50 dB
Υπερφόρτωση: > 140 dB



Δ: Κινητή πλάκα
Σ: Σταθερή πλάκα
R: Αντίσταση
M/Σ: Μετασχηματιστής προσαρμογής



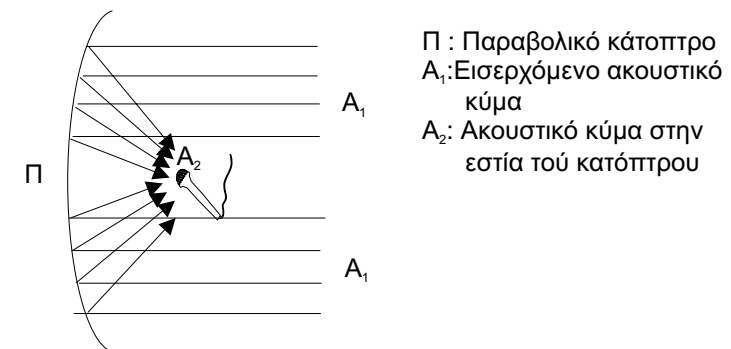
Σχήμα 6.5 Δομή και τυπικά χαρακτηριστικά μικροφώνου πυκνωτή

Στην πρώτη περίπτωση, το μικρόφωνο λειτουργεί πανκατευθυντικά (πολικό διάγραμμα 6.2α), ενώ στη δεύτερη διπλοκατευθυντικά (πολικό διάγραμμα 6.2ε). Ρύθμιση σε ενδιάμεσες θέσεις δίνει στο μικρόφωνο διαφορετικής μορφής κατευθυντικότητα. Το σχήμα 6.5 παρουσιάζει τη μορφή και τα τυπικά χαρακτηριστικά μικροφώνου πυκνωτή.

6.1.3. Ειδικές κατηγορίες μικροφώνων

6.1.3.1 Κατευθυντικά μικρόφωνα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα μικρόφωνα τα οποία αποκρίνονται αποκλειστικά σε ηχητικά κύματα που κινούνται κατά τη διεύθυνση του άξονά τους (γωνία 0° στο πολικό διάγραμμα). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι τα μικρόφωνα σκανδάλης που αποτελούνται από ένα σωλήνα με διάμετρο 2 και ύψος 60 περίπου εκατοστά. Στην πλευρική επιφάνεια του σωλήνα και σε καθορισμένες θέσεις υπάρχουν σχισμές μέσα από τις οποίες περνούν τα ηχητικά κύματα, τα οποία φθάνουν υπό γωνία σε σχέση με τον άξονα του μικροφώνου. Τα κύματα αυτά καταλήγουν σε διάφραγμα στο άκρο του σωλήνα και με σχετικές φάσεις τέτοιες ώστε να εξουδετερώνονται. Τα μικρόφωνα αυτού του τύπου είναι εξαιρετικά χρήσιμα στα συνεργεία εξωτερικών μεταδόσεων των Μέσων Μαζικής Ενημέρωσης, καθώς εστιάζουν στο ηχητικό σήμα από τον ομιλούντα και εξουδετερώνουν τον παρασιτικό θόρυβο του περιβάλλοντος. Εναλλακτικά, στις περιπτώσεις αυτές, κατευθυντικότητα επιτυγχάνεται και με τη χρήση παραβολικού κατόπτρου (σχήμα 6.6). Το κάτοπτρο έχει διάμετρο ενός μέτρου περίπου και το μικρόφωνο λήψης τοποθετείται στην εστία του. Με τον τρόπο αυτό το ηχητικό κύμα συγκεντρώνεται στην κεφαλή του μικροφώνου και η ενίσχυση που επιτυγχάνεται φθάνει τα 20 dB. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι μπορεί να συγκεντρώσει ήχους από μεγάλες αποστάσεις (π.χ. ήχους πουλιών). Το μειονέκτημα είναι ότι εισάγει μία σχετική παραμόρφωση στις χαμηλές συχνότητες, καθώς σε αυτές το μήκος κύματος του ήχου είναι συγκρίσιμο με τις διαστάσεις του κατόπτρου.



Π : Παραβολικό κάτοπτρο
A₁:Εισερχόμενο ακουστικό κύμα
A₂: Ακουστικό κύμα στην εστία του κατόπτρου

Σχήμα 6.6 Λήψη με τη μέθοδο του παραβολικού κατόπτρου

6.1.3.2 Στερεοφωνικά μικρόφωνα

Στα μικρόφωνα στερεοφωνικής λήψης (σχήμα 6.7) είναι ενσωματωμένα δύο διαφράγματα από τα οποία το ένα είναι περιστρεφόμενο. Έτσι, υπάρχει η δυνατότητα ρύθμισης της κατευθυντικότητας του μικροφώνου, ενώ τα δύο διαφράγματα παρέχουν το σήμα του δεξιού και του αριστερού καναλιού.



Σχήμα 6.7 Στερεοφωνικά μικρόφωνα

6.1.3.3 Ασύρματα μικρόφωνα

Παρέχουν σημαντική ελευθερία κίνησης στο χρήστη. Έχουν ενσωματωμένο πομπό FM και μικρού μήκους κεραία για τη μετάδοση του σήματος (σχήμα 6.8). Το σήμα καταλήγει σε δέκτη FM συντονισμένο στη συχνότητα του πομπού. Η τροφοδοσία της διάταξης γίνεται μέσω μπαταρίας.

Στην περίπτωση που στον ίδιο χώρο χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα ασύρματα μικρόφωνα καθένα από αυτά θα πρέπει να λειτουργεί σε ξεχωριστό κανάλι. Για να αποφεύγονται παρεμβολές χρησιμοποιούνται κανάλια που απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 200kHz. Ενώ ένας και μόνο πομπός μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε κανάλι, για τον αριθμό των δεκτών δεν υπάρχει περιορισμός. Τέλος, τα μικρόφωνα αυτά είναι εφοδιασμένα και με μία σειρά κυκλωμάτων ελέγχου. Διαθέτουν γεννήτρια σήματος συχνότητας 1kHz για τον έλεγχο της επικοινωνίας με το δέκτη. Ακόμη διαθέτουν ενδεικτικές λυχνίες LED για την επισήμανση των περιοχών ασθενούς σήματος και για το χρόνο ζωής της μπαταρίας.



Σχήμα 6.8 Ασύρματα μικρόφωνα

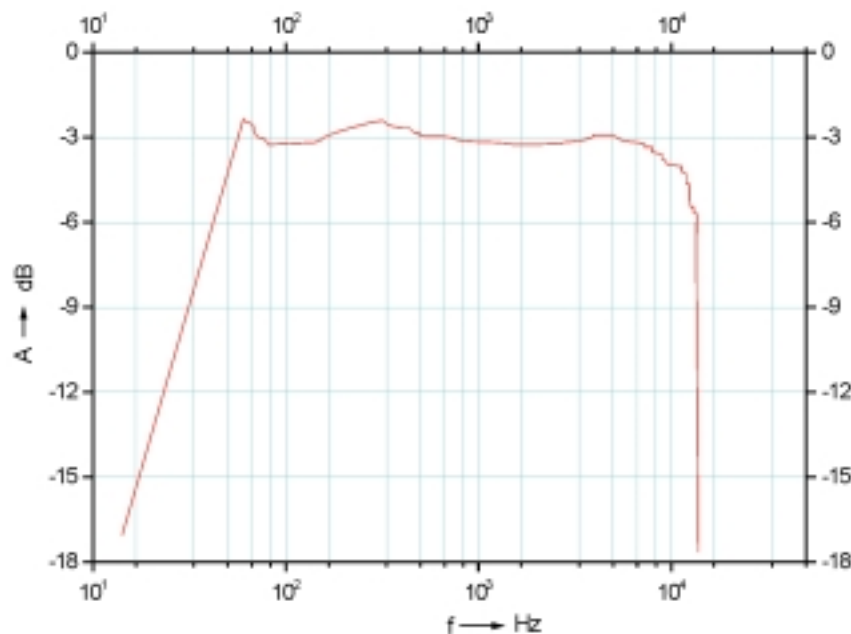
6.2 Μεγάφωνα - Ηχεία

6.2.1 Χαρακτηριστικά μεγαφώνων

Τα μεγάφωνα είναι διατάξεις που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ενέργεια ηχητικών κυμάτων.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους είναι τα παρακάτω:

- **Ευαισθησία:** η ικανότητα μετατροπής της τάσης σε ηχητικό κύμα. Προσδιορίζεται με τη μέτρηση της εξόδου σε απόσταση ενός μέτρου σε ευθεία γραμμή από το μέτωπο του μεγαφώνου για είσοδο 2,83 Volts¹. Η σχετική μονάδα είναι το dB/W. Έτσι π.χ. μεγαφώνο ευαισθησίας 70dB/W όταν τροφοδοτείται με 1 Watt ηλεκτρική ισχύ, παρέχει 70dB ακουστικής ισχύος σε μία θέση που απέχει σε ευθεία γραμμή ένα μέτρο από το μέτωπο του μεγαφώνου. Στις τυποποιημένες μετρήσεις ευαισθησίας χρησιμοποιείται σήμα εισόδου με ισοκατανεμημένη ενέργεια σε όλη την περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας του μεγαφώνου.
- **Απόκριση συχνότητας:** αναφέρεται στην μεταβολή της ισχύος σε συνάρτηση με τη συχνότητα. Περιγράφεται με την γραφική παράσταση της έντασης της εξόδου σε συνάρτηση με τη συχνότητα (σχήμα 6.9). Η απόκριση συχνότητας περιγράφεται για όλη την περιοχή συχνοτήτων στην οποία λειτουργεί το μεγάφωνο. Η σχετική πληροφορία από τους κατασκευαστές δίνεται με δύο διαφορετικούς τρόπους:

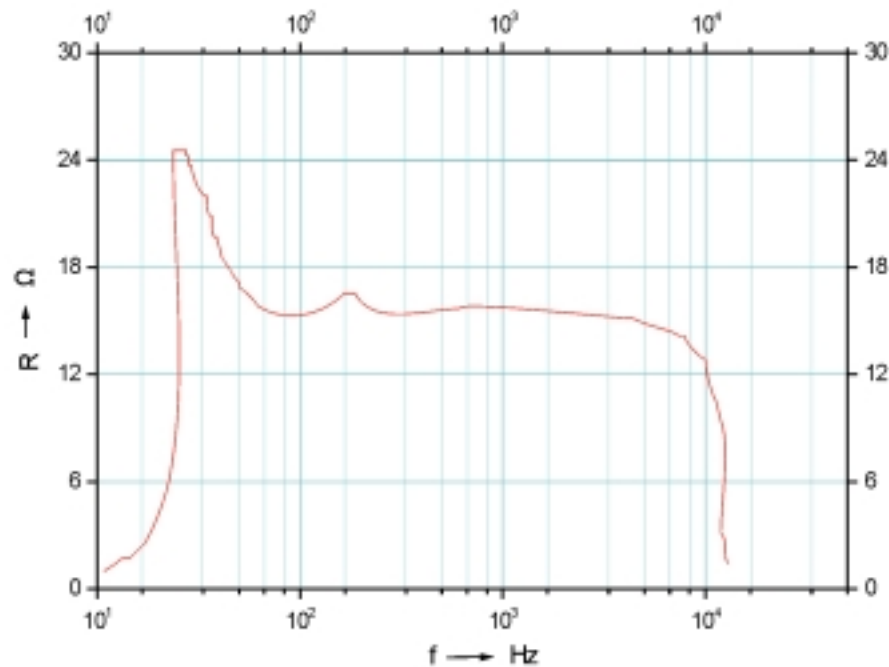


Σχήμα 6.9 Απόκριση συχνότητας μεγαφώνου

- α. Με τη συνολική απόκλιση της εξόδου σε όλη την περιοχή συχνοτήτων ή
- β. με την απόκλιση της εξόδου σε σχέση με την τιμή που αντιστοιχεί σε μία συχνότητα αναφοράς (συνήθως 1kHz). Έτσι η συχνοτική απόκριση του μεγαφώνου με την καμπύλη του σχήματος 6.9 μπορεί να αποδοθεί ως: α. $\pm 6\text{dB}$ από 40Hz μέχρι 6,5kHz ή β. -6 μέχρι +1dB με αναφορά το 1kHz.

- **Παραμόρφωση:** οφείλεται στην εισαγωγή επιπλέον αρμονικών συνιστωσών στο αρχικό σήμα. Στα μεγάφωνα η αρμονική παραμόρφωση είναι τουλάχιστον μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερη σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες ηχητικές διατάξεις. Όπως είναι γνωστό η ισχύς των αρμονικών συνιστωσών ελαττώνεται όσο αυξάνεται η τάξη τους. Έτσι το μεγαλύτερο ποσοστό παραμόρφωσης οφείλεται στην αρμονική δεύτερης τάξης που βρίσκεται μία οκτάβα υψηλότερα από το αρχικό ηχητικό σήμα. Οι κατασκευαστές δίνουν τη Συνολική Αρμονική Παραμόρφωση (Total Harmonic Distortion-THD) ως ποσοστό % του σήματος εισόδου για τη συχνότητα 1kHz. Θα πρέπει, όμως, να τονισθεί ότι η αρμονική παραμόρφωση δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη την περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας του μεγαφώνου. Έτσι, στις χαμηλές συχνότητες και για τιμές έντασης ηχητικού σήματος 100dB η THD φθάνει μέχρι και το 10%. Πολύ χαμηλότερες τιμές (μικρότερες του 1%) παρουσιάζει η παραμόρφωση στην περιοχή των μεσαίων και των υψηλών συχνοτήτων.
- **Ισχύς εισόδου:** είναι η μέγιστη ισχύς που μπορεί να δεχθεί το μεγάφωνο χωρίς να παραμορφώνει το ηχητικό κύμα στην έξοδο. Η ισχύς και η ευαισθησία καθορίζουν την μέγιστη ισχύ στην έξοδο του μεγαφώνου. Έτσι σήμα εισόδου 30W αντιστοιχεί σε ένταση εξόδου 15dB. Αν η ευαισθησία του μεγαφώνου είναι 90dB/W, τότε η συνολική ένταση του ηχητικού κύματος σε απόσταση 1 μέτρου σε ευθεία γραμμή από το μέτωπο του μεγαφώνου θα είναι $90 + 15 = 105\text{dB}$.
- **Αντίσταση εισόδου:** συνήθως συναντώνται οι τιμές 4, 8 και 15Ω. Πρόκειται για μέσες τιμές, καθώς η αντίσταση μεταβάλλεται με τη συχνότητα (σχήμα 6.10). Η μεταβολή αυτή οφείλεται σε φαινόμενα συντονισμού και σε φαινόμενα επαγωγικής και χωρητικής συμπεριφοράς των κυκλωμάτων cross-over (βλ. συνέχεια του κεφαλαίου). Αντίσταση εισόδου μικρής τιμής οδηγεί στην απορρόφηση μεγαλύτερου ρεύματος από τον ενισχυτή, ενώ αντίσταση μεγάλης τιμής οδηγεί στη λειτουργία με χαμηλότερη ισχύ.
- **Κατευθυντικότητα:** όπως και στα μικρόφωνα αναφέρεται στην μεταβολή της ισχύος σε συνάρτηση με την κατεύθυνση γύρω από τον άξονα του μεγαφώνου και περιγράφεται με τα πολικά διαγράμματα.

¹ αντιστοιχεί στην τάση που αναπτύσσεται σε αντίσταση 8Ωμ, όταν αυτή καταναλώνει ισχύ ενός Watt.

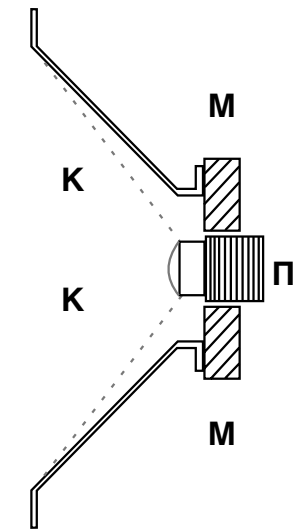


Σχήμα 6.10 Μεταβολή της αντίστασης με τη συχνότητα

6.2.2 Κατηγορίες μεγαφώνων

6.2.2.1 Μεγάφωνα κινητού πηνίου

Χρησιμοποιούνται ευρύτατα και καλύπτουν μεγάλο εύρος εφαρμογών. Η δομή τους φαίνεται στο σχήμα 6.11. Από τα διάκενα 1 και 2 του μαγνήτη Μ περνούν οι σπείρες του πηνίου Π. Η διάμετρος του σύρματος του πηνίου επιλέγεται σύμφωνα με την ισχύ λειτουργίας του μεγαφώνου. Στα άκρα του σώματος του μαγνήτη βρίσκεται κατάλληλα στερεωμένος ο κώνος του μεγαφώνου Κ. Κατασκευάζεται από ειδικό μείγμα χαρτιού (πλεονέκτημα το μικρό βάρος) ή από άλλα συνθετικά υλικά (καλύτερη ποιότητα ήχου, μεγαλύτερο βάρος). Η διάμετρος του κώνου καθορίζεται από την περιοχή συχνοτήτων την οποία αποδίδει το μεγάφωνο. Ο σκελετός Σ κατασκευάζεται από μέταλλο πρεσαριστό ή χυτό, ανθεκτικό στις μηχανικές δονήσεις. Η λειτουργία του μεγαφώνου βασίζεται στην κίνηση του πηνίου μέσα στο πεδίο του μαγνήτη Μ, καθώς το διαρρέει μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Η κίνηση του πηνίου μεταφέρεται μέσω των κατάλληλων συνδέσεων στον κώνο, ο οποίος δημιουργεί τα ηχητικά κύματα που αντιστοιχούν στο ρεύμα του πηνίου.



Κ: Κώνος
Μ: Μόνιμος μαγνήτης
Π: Πηνίο

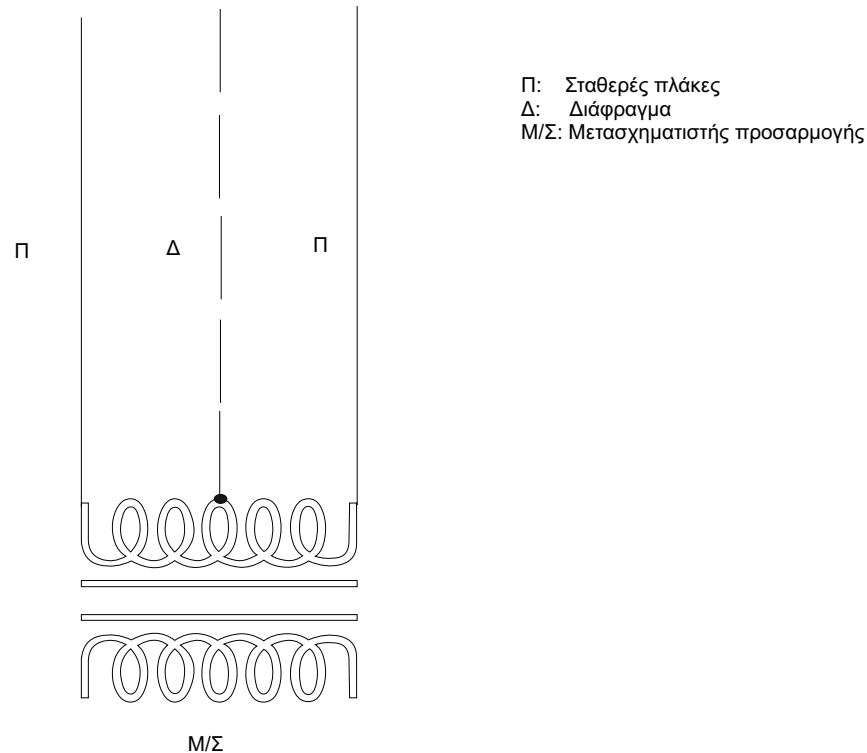
Σχήμα 6.11 Δομή μεγαφώνου κινητού πηνίου

6.2.2.2 Μεγάφωνα ταινίας

Τα μεγάφωνα της κατηγορίας αυτής αντί για πηνίο διαθέτουν ταινία που συνήθως είναι κατασκευασμένη από αλουμίνιο. Η ταινία είναι κατάλληλα στερεωμένη ανάμεσα στους πόλους μόνιμου μαγνήτη και έχει στην επιφάνειά της πτυχώσεις. Σε αυτήν διαβιβάζεται το σήμα εισόδου μέσω μετασχηματιστή υποβιβασμού (η ταινία χαρακτηρίζεται από μικρή τιμή αντίστασης) και η ταινία δονείται δημιουργώντας ηχητικά κύματα. Για την αύξηση της έντασης του κύματος χρησιμοποιούνται ταινίες μεγάλων διαστάσεων ή βοηθητικές κατασκευές κατάλληλου σχήματος. Σύμφωνα με μία εναλλακτική σχεδίαση, η ταινία κατασκευάζεται από ελαφρό συνθετικό υλικό και ένα μέρος της επιφάνειάς της καλύπτεται από μεταλλικές λωρίδες.

6.2.2.3. Ηλεκτροστατικά μεγάφωνα

Η μορφή τους φαίνεται στο σχήμα 6.12. Το διάφραγμα Δ κατασκευάζεται από ελαφρό υλικό και τοποθετείται ανάμεσα στις πλάκες Π. Το διάφραγμα τροφοδοτείται μέσω του μετασχηματιστή Μ/Σ με συνεχή τάση της τάξης των kV και φορτίζεται ο πυκνωτής που σχηματίζεται από αυτό και τις πλάκες.



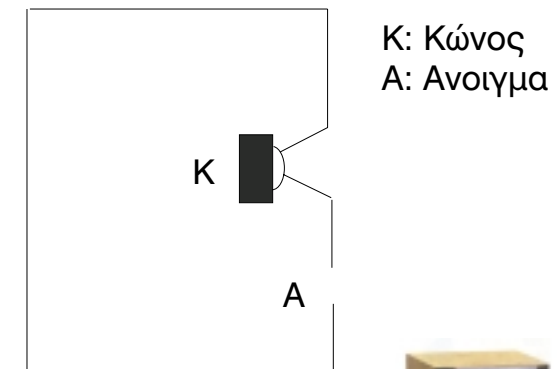
Σχήμα 6.12 Πλάγια τομή ηλεκτροστατικού μεγαφώνου

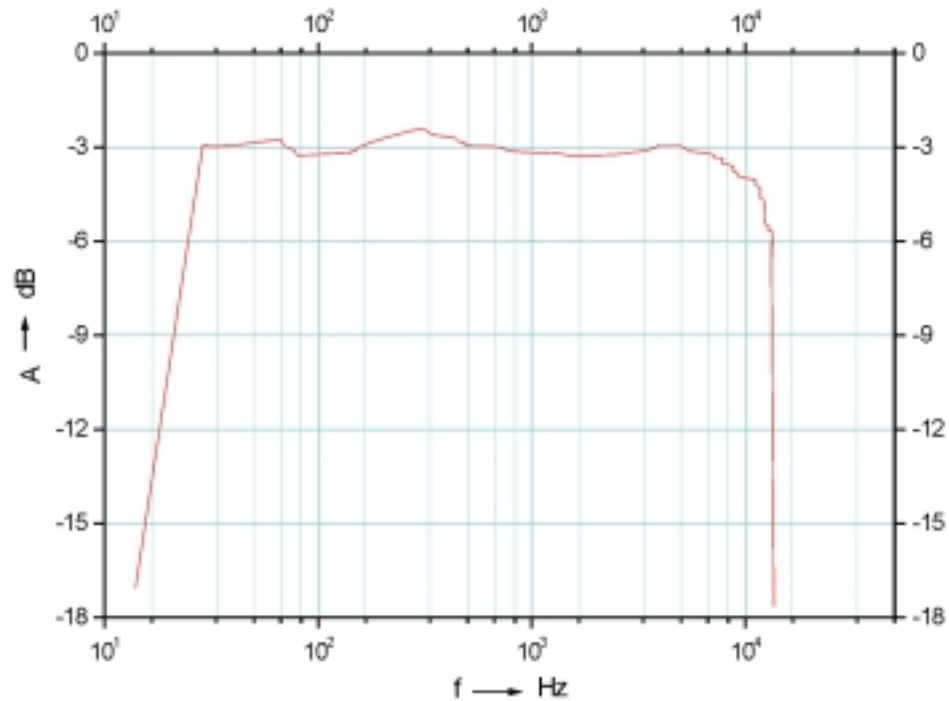
Η τάση εισόδου εφαρμόζεται και πάλι μέσω του Μ/Σ στις πλάκες, το πεδίο του πυκνωτή μεταβάλλεται και το διάφραγμα δονείται ανάλογα. Τα ηχητικά κύματα που παράγονται διαδίδονται στο χώρο μέσα από τα ανοίγματα που βρίσκονται στην μπροστινή και την πίσω πλευρά του μεγαφώνου (διπλοκατευθυντικά μεγάφωνα-πολικό διάγραμμα σχήματος 6.2ε).

6.3 Μορφές συσκευασίας μεγαφώνων

Τα μεγάφωνα κινητού πηνίου και ταινίας εκπέμπουν ηχητικά κύματα και από τις δύο πλευρές του κώνου ή της ταινίας. Οι δύο αυτές ομάδες ηχητικών κυμάτων έχουν διαφορά φάσης 180° και όταν συμβάλλουν αναιρούνται. Για το σκοπό αυτό ο μηχανισμός του μεγαφώνου τοποθετείται σε ειδικό θάλαμο, ανοικτό μόνο από την μπροστινή πλευρά. Ο θάλαμος αυτός κατασκευάζεται συνήθως από ξύλο πάχους 2 εκατοστών και είναι εσωτερικά επενδεδυμένος με ηχομονωτικό υλικό πάχους 4-6 εκατοστών.

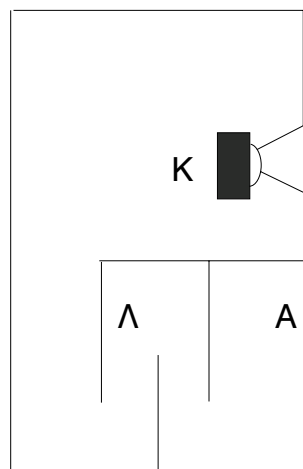
Το σύστημα συντονισμού στις χαμηλές συχνότητες (bass-reflex) αποτελεί μία τροποποιημένη σχεδίαση με σκοπό τη βελτίωση της απόκρισης στις χαμηλές συχνότητες (σχήμα 6.13). Μία τέτοια βελτίωση έχει διαπιστωθεί ότι οδηγεί σε καλύτερη ποιότητα του τελικού ηχητικού σήματος. Το άνοιγμα στην μπροστινή επιφάνεια του μεγαφώνου λειτουργεί σαν ενισχυτική πηγή για τα ηχητικά κύματα χαμηλής συχνότητας. Συγκρίνοντας τις καμπύλες απόκρισης συχνότητας των σχημάτων 6.13β και 6.9 (τυπικό μεγάφωνο) διαπιστώνουμε τη βελτιωμένη ηχητική συμπεριφορά του συστήματος bass-reflex.





Σχήμα 6.13 Μορφή και συχνотική απόκριση μεγαφώνου bass-reflex

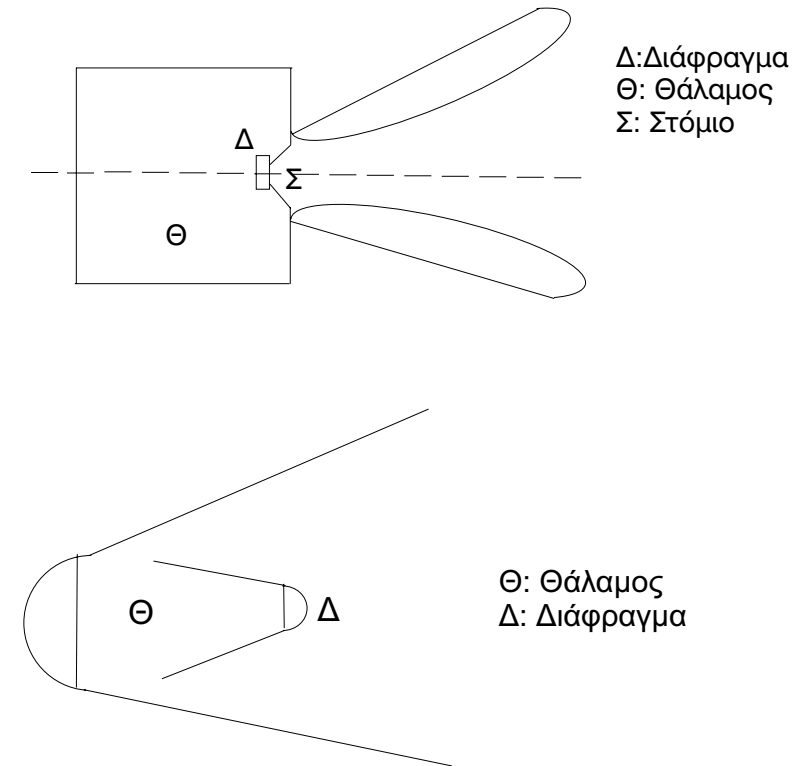
Βελτιωμένη απόδοση στις χαμηλές συχνότητες επιτυγχάνεται με τη σχεδίαση λαβυρίνθου (σχήμα 6.14). Στην περίπτωση αυτή, η ενίσχυση προέρχεται από τις ανακλάσεις των κυμάτων στον ειδικά σχεδιασμένο χώρο στο χαμηλότερο τμήμα του μεγαφώνου.



Κ: Κώνος
Α: Ανοιγμα
Λ: Σχηματισμός
λαβυρίνθου

Σχήμα 6.14 Μορφή μεγαφώνου λαβυρίνθου

Ένας ξεχωριστός τύπος είναι τα μεγάφωνα χοάνης ή κόρνες (σχήμα 6.15).



Σχήμα 6.15 Μορφές μεγαφώνου χοάνης

Είναι κατευθυντικά μεγάφωνα με ικανοποιητική απόκριση σε μία στενή περιοχή συχνοτήτων. Η βελτίωση της συχνотικής απόκρισης απαιτεί τη χρησιμοποίηση χωριστών μεγαφώνων για κάθε περιοχή συχνοτήτων. Είναι εξαιρετικά κατάλληλα για την κάλυψη εκδηλώσεων σε εξωτερικούς χώρους, όταν ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αποστολή του ηχητικού σήματος σε μεγάλες αποστάσεις και όχι στην υψηλή του ποιότητα.

6.4 Ηχεία

Οι συχνότητες που αποδίδονται από ένα μεγάφωνο καθορίζονται από τις διαστάσεις και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της σχεδίασής του. Τα μεγάφωνα μεγάλων διαστάσεων (διάμετρος κώνου μέχρι 50 εκατοστά) αποδίδουν τις χαμηλές συχνότητες. Η απόδοση των ενδιάμεσων συχνοτήτων (600Hz-10kHz) απαιτεί διάμετρο κώνου μέχρι 15 εκατοστά και των υψηλών συχνοτήτων (10-20kHz) μέχρι 8 εκατοστά. Η λύση για την απόδοση από μία διάταξη του συνόλου της περιοχής των ακουστικών συχνοτήτων είναι τα ηχεία ή συστήματα μεγάφωνων πολλών δρόμων. Αποτελούνται από μία ομάδα μεγάφωνων καθένα από τα οποία λειτουργεί σε διαφορετική περιοχή συχνοτήτων. Το απλούστερο σύστημα αυτής της μορφής περιλαμβάνει δύο ηχεία από τα οποία το πρώτο αποδίδει τις συχνότητες μέχρι την τιμή των 4kHz, ενώ το δεύτερο τις συχνότητες της περιοχής 4-20kHz (σύστημα δύο δρόμων).

Το πλέον διαδεδομένο σύστημα είναι αυτό των τριών δρόμων (σχήμα 6.16α).



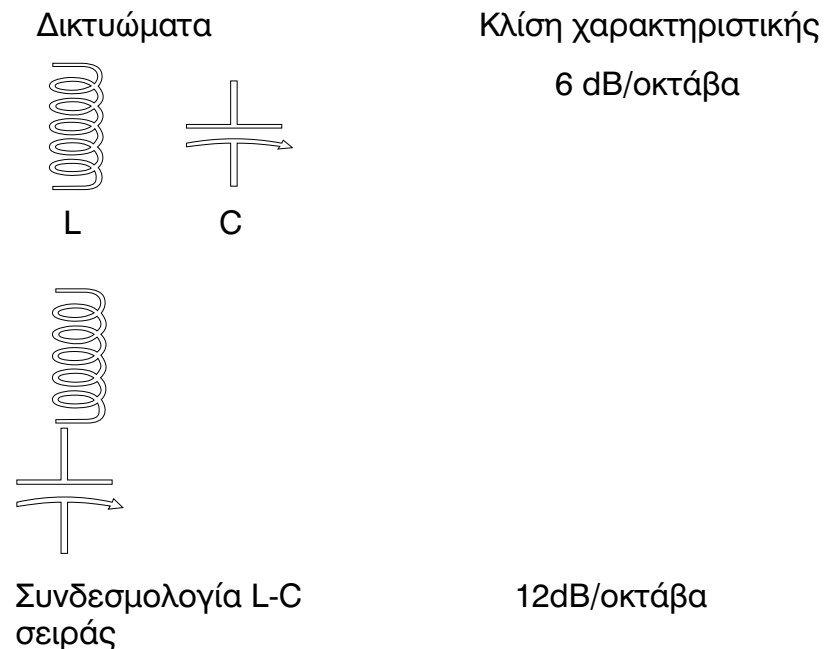
Σχήμα 6.16α. Ηχείο τριών δρόμων β. Ηχείο με super-tweeter

Αποτελείται από μεγάφωνο χαμηλών, μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων (woofer, mid-range και tweeter αντίστοιχα). Περισσότερο βελτιωμένες σχεδιάσεις περιλαμβάνουν ξεχωριστό μεγάφωνο για τις πολύ χαμηλές (sub-woofer) ή τις πολύ υψηλές συχνότητες (σχήμα 6.16β super-tweeter).

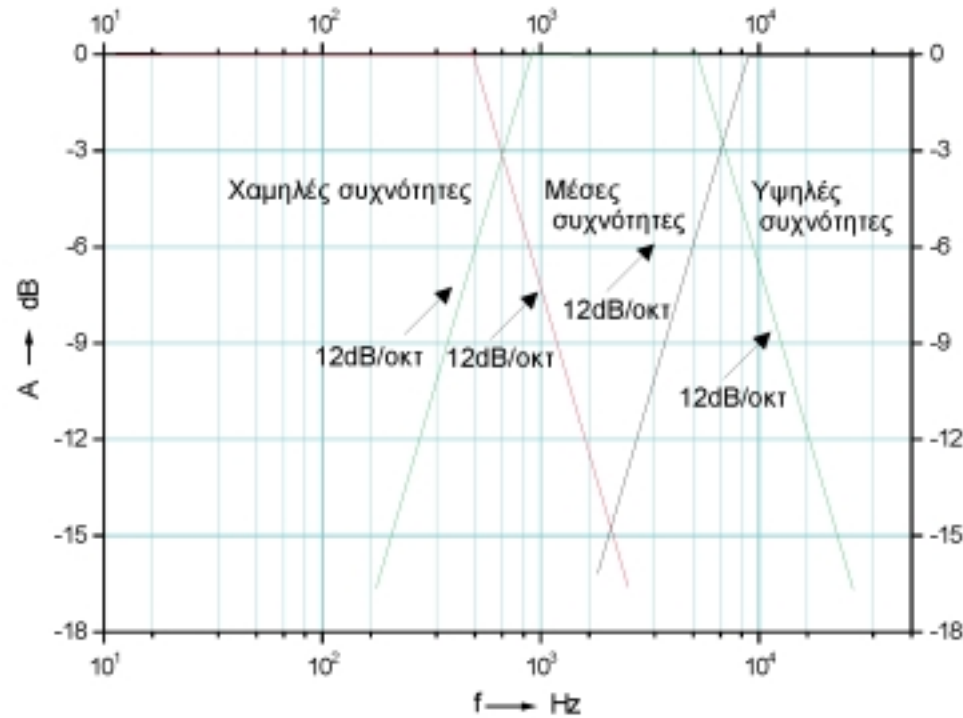
Σε καθένα από τα μεγάφωνα του ηχείου θα πρέπει να φθάνει η κατάλληλη περιοχή συχνοτήτων.

Οι κώνοι των μεγαφώνων χαμηλών και ενδιάμεσων συχνοτήτων δεν είναι δυνατό να αναπαράγουν σωστά τις υψηλές συχνότητες. Οι μικρών διαστάσεων κώνοι κινδυνεύουν να καταστραφούν όταν αναγκασθούν να ταλαντωθούν σε χαμηλές συχνότητες.

Η διοχέτευση του ηλεκτρικού σήματος που θα προκαλέσει σε κάθε μεγάφωνο ταλάντωση με την κατάλληλη συχνότητα και μόνο αυτή γίνεται με τη βοήθεια των κυκλωμάτων cross-over. Στην απλή τους μορφή είναι παθητικά δικτυώματα L-C κατάλληλης σχεδίασης, ώστε να απομονώνουν την επιθυμητή περιοχή συχνοτήτων. Στο σχήμα 6.17 παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένα κυκλώματα cross-over με τις αντίστοιχες καμπύλες απόκρισης συχνότητας. Στο σχήμα 6.18 παρουσιάζονται στο ίδιο διάγραμμα οι καμπύλες απόκρισης συχνότητας των κυκλωμάτων cross-over ηχείου τριών δρόμων. Παρατηρούμε ότι υπάρχει επικάλυψη ανάμεσα στην καμπύλη ενδιάμεσων και τις καμπύλες χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων. Με τον τρόπο αυτό η μετάβαση από τη μία περιοχή συχνοτήτων στην επόμενη γίνεται ομαλά και εξασφαλίζεται η συνέχεια και η πιστότητα του παραγόμενου ήχου. Η συχνότητα στην οποία η απολαβή ενός δικτυώματος ελαττώνεται κατά 3dB σε σχέση με τη μέγιστή της τιμή λέγεται συχνότητα αποκοπής. Οι συχνότητες αποκοπής στο σχήμα 6.18 είναι 600 Hz μεταξύ χαμηλών και ενδιάμεσων συχνοτήτων και 6 kHz μεταξύ ενδιάμεσων και υψηλών συχνοτήτων. Ιδιαίτερη σημασία έχει η κλίση που παρουσιάζουν οι καμπύλες στις οριακές περιοχές. Οι δυνατές κλίσεις είναι 6, 12 και 18dB/οκτάβα. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη είναι αυτή των 12dB/οκτάβα. Η σημασία της είναι ότι η απολαβή π.χ. του δικτυώματος χαμηλών συχνοτήτων στα όρια της περιοχής αυτής ελαττώνεται κατά 12dB για κάθε διπλασιασμό της συχνότητας.



Σχήμα 6.17 Μορφές παθητικών δικτυωμάτων cross-over



Σχήμα 6.18 Συχνοτική απόκριση κυκλωμάτων cross-over ηχείου τριών δρόμων

Σε ορισμένα επαγγελματικών προδιαγραφών ηχεία χρησιμοποιούνται ενεργητικά κυκλώματα (φίλτρα με τελεστικούς ενισχυτές) για το διαχωρισμό των συχνοτήτων. Το ηλεκτρικό σήμα δηλαδή χωρίζεται σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων καθεμιά από τις οποίες κατευθύνεται σε ιδιαίτερο ενισχυτή που οδηγεί το αντίστοιχο μεγάφωνο. Το αποτέλεσμα είναι ηχητικό σήμα υψηλής ποιότητας, καθώς δεν υπάρχουν οι απώλειες που χαρακτηρίζουν τα δικτυώματα L-C και είναι δυνατό το σήμα σε κάθε περιοχή συχνοτήτων να ενισχυθεί ξεχωριστά. Η πολυπλοκότητα της σχεδίασης των συστημάτων αυτών έχει ως αποτέλεσμα αυξημένο κόστος και για το λόγο αυτό η εφαρμογή τους παραμένει στην περιοχή των επαγγελματικών διατάξεων.

6.5 Ακουστικά

Τα ακουστικά κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη (σχήμα 6.19). Η αρχή λειτουργίας τους είναι η ίδια με αυτή των μεγαφώνων.



Σχήμα 6.19 Τύποι ακουστικών

Έτσι διακρίνουμε ανάλογα με την κατασκευή τους τα δυναμικά και τα κρυσταλλικά ακουστικά. Τα δυναμικά περιέχουν πηνίο ανάμεσα στους πόλους μόνιμου μαγνήτη το οποίο συνδέεται με ειδική ταινία. Όταν το πηνίο το διαρρέει ρεύμα κινείται μέσα στο μαγνητικό πεδίο και μεταδίδει την κίνησή του στην ταινία, η οποία και δημιουργεί ηχητικά κύματα αντίστοιχης συχνότητας. Το μέγεθος κατασκευής και η αντίσταση εισόδου των δυναμικών πηνίων ποικίλλουν (η αντίσταση από 10Ω μέχρι 10kΩ). Τα κρυσταλλικά ακουστικά περιέχουν πλακίδιο πιεζοηλεκτρικού κρυστάλλου, το οποίο ταλαντώνεται με τη συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του. Οι ταλαντώσεις του κρυστάλλου δημιουργούν στην περίπτωση αυτή το ηχητικό κύμα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις βασικότερες κατηγορίες μικροφώνων και να εξηγήσετε σε μία το πολύ παράγραφο την αρχή λειτουργίας της καθεμιάς.
2. Να αποδώσετε στις παρακάτω προτάσεις το χαρακτηρισμό
Σωστό ☐ Λάθος ☐
Α. Τα μικρόφωνα άνθρακα λειτουργούν σε μεγάλη περιοχή συχνοτήτων
Σωστό ☐ Λάθος ☐
Β. Η ευαισθησία των μικροφώνων μετρείται σε dB/μbar. Σωστό ☐ Λάθος ☐
Γ. Οι καμπύλες απόκρισης συχνότητας παριστάνουν τη μεταβολή της απολαβής με την συχνότητα Σωστό ☐ Λάθος ☐
Δ. Η κατευθυντικότητα των μικροφώνων και των μεγαφώνων μετρείται σε dBm/bar. Σωστό ☐ Λάθος ☐
Ε. Τα πολικά διαγράμματα περιγράφουν την κατανομή της ισχύος στις διάφορες διευθύνσεις γύρω από τον άξονα των ηλεκτρακουστικών διατάξεων.
Σωστό ☐ Λάθος ☐
3. Τοποθετήστε στην κατάλληλη σειρά ανάλογα με το μέγεθος του κώνου τα παρακάτω είδη μεγαφώνων:
δυναμικό woofer, δυναμικό super-tweeter, δυναμικό sub-woofer, tweeter ταινίας, δυναμικό mid-range.
4. Να αναπτύξετε σε ένα κείμενο όχι μεγαλύτερο από δώδεκα σειρές τα βασικά χαρακτηριστικά των δυναμικών μικροφώνων. Να αναφέρετε τα βασικά μεγέθη τα οποία εξετάζονται κατά την επιλογή ενός δυναμικού μικροφώνου.
5. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Η κεφαλή των μικροφώνων πυκνωτή αποτελείται από δύο με διάμετρο περίπου μονάδα), από τις οποίες η πρώτη είναι και η δεύτερη Για τη λειτουργία τους απαιτούν πηγή Η κεφαλή φορτίζεται και εκφορτίζεται μέσα από μία αντίσταση που επιλέγεται έτσι ώστε η σταθερά χρόνου του κυκλώματος να είναι από την μέγιστη περίοδο των ακουστικών σημάτων. Η απόκριση των πυκνωτικών μικροφώνων στις υψηλές συχνότητες είναι σε σχέση με τα δυναμικά Το γεγονός αυτό οφείλεται στο πολύ των πλακών της κεφαλής. Η αντίσταση εξόδου είναι πολύ και για το λόγο αυτό σε ορισμένους τύπους χρησιμοποιείται (αρχικά) ή Ένα ακόμη πλεονέκτημα των πυκνωτικών μικροφώνων είναι ότι μπορούν με την κατάλληλη κατασκευή να δώσουν πολικό διάγραμμα.
6. Ποιες είναι οι βασικές κατηγορίες μικροφώνων που μπορούν να λειτουργήσουν με υψηλή κατευθυντικότητα; Σε ποιες κατηγορίες εφαρμογών είναι ιδιαίτερα επιθυμητή η υψηλή κατευθυντικότητα των μικροφώνων; Σε ποιες αντίστοιχες κατηγορίες

χρησιμοποιούμε κατευθυντικά μεγάφωνα; Ποια είναι τα προβλήματα που εμφανίζονται σε μια τέτοια περίπτωση;

7. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της αριστερής στήλης (διάμετρος κώνου) με αυτά της δεξιάς στήλης (είδος μεγαφώνου) του παρακάτω πίνακα:

(α)	50 εκατοστά	1. Super-tweeter
(β)	150 χιλιοστά	2. Sub-woofer
(γ)	80 εκατοστά	3. Tweeter
(δ)	80 χιλιοστά	4. Mid-range
(ε)	4 εκατοστά	5. Woofer

8. Να συμπληρώσετε τα κενά:

Τα κυκλώματα cross-over χρησιμοποιούνται για το διαχωρισμό των πριν από τα αντίστοιχα μεγάφωνα. Διακρίνονται σε και σε Η δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιείται μόνο σε επαγγελματικά συστήματα. Ο λόγος γι' αυτό είναι το αυξημένο οικονομικό Το μεγάλο πλεονέκτημά τους είναι ότι οδηγούν σε ακουστικό σήμα Η λειτουργία των κυκλωμάτων cross-over περιγράφεται από τις καμπύλες Αυτές δείχνουν τη μεταβολή της σε συνάρτηση με την Η συχνότητα στην οποία η απολαβή ενός κυκλώματος cross-over μειώνεται κατά 3dB ονομάζεται συχνότητα Μεταξύ των γειτονικών περιοχών συχνότητας των κυκλωμάτων cross-over υπάρχει ώστε η μετάβαση από τη μία στην άλλη να γίνεται ομαλά και χωρίς κενά. Συνήθως οι συχνότητες αποκοπής για ηχεία τριών δρόμων βρίσκονται στην περιοχή - Hz (χαμηλή συχνότητα) και στην περιοχή - kHz (υψηλή συχνότητα).

9. Να επιλέξετε τους αριθμούς των απαντήσεων που αντιστοιχούν σε ορθούς τρόπους συμπλήρωσης των παρακάτω προτάσεων (πιθανόν οι ορθές προτάσεις να είναι περισσότερες από μία):

Α. Τα πυκνωτικά μικρόφωνα:

1. λειτουργούν ηλεκτρομαγνητικά.
2. έχουν χαμηλή κατευθυντικότητα.
3. μπορούν να δώσουν πολικά διαγράμματα οποιασδήποτε μορφής.
4. δεν απαιτούν σταθερή τροφοδοσία.

Β. Τα ηχεία πολλών δρόμων:

1. ακολουθούν οπωσδήποτε το σύστημα bass-reflex.
 2. μπορούν να είναι 2, 3 ή και περισσότερων δρόμων.
 3. κατασκευάζονται για να οδηγούν την κάθε περιοχή συχνοτήτων σε ξεχωριστό μεγάφωνο.
 4. απαιτούν τη χρήση δικτυωμάτων προστασίας για το διαχωρισμό των συχνοτήτων.
- Γ. Σχετικά με τα μεγάφωνα:

1. η ευαισθησία τους μετράται ανεξάρτητα της γωνίας από τον άξονα τους.
2. η τελική τους απόδοση εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του χώρου, την ευαισθησία και την ισχύ λειτουργίας τους.
3. θα πρέπει να λαμβάνεται φροντίδα ώστε τα στερεοφωνικά ζεύγη να τοποθετούνται σε κατάλληλες θέσεις.
4. ο κώνος δεν επιδιορθώνεται αλλά κατευθείαν αντικαθίσταται.

Να περιγράψετε την αρχή λειτουργίας των κυριότερων τύπων μεγαφώνων σε μία παράγραφο το πολύ πέντε σειρών για τον κάθε τύπο.

7ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Μονάδες Απεικόνισης

Σκοποί Κεφαλαίου:

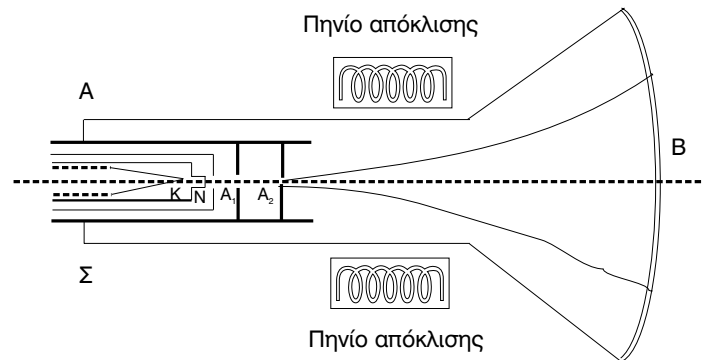
Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να αναφέρει τις κατηγορίες των μονάδων απεικόνισης.
- Να ορίζει τις διαφορετικές τεχνολογίες των μονάδων απεικόνισης.
- Να αναφέρει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε τύπου οθόνης.
- Να απαριθμεί τις χρήσεις των οθονών CRT, πλάσματος, LCD-TFT κ.ά.

7.1. Λυχνίες καθοδικών ακτίνων

7.1.1. Χαρακτηριστικά λυχνιών καθοδικών ακτίνων

Οι λυχνίες καθοδικών ακτίνων (Cathode Ray Tubes-CRT), είναι διατάξεις στις οποίες δέσμη ηλεκτρονίων σαρώνει επιφάνεια από φθορίζον υλικό και παράγει εικόνα. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα σαν διατάξεις απεικόνισης στις τηλεοράσεις, τους υπολογιστές, τους παλμογράφους και τα ραντάρ.

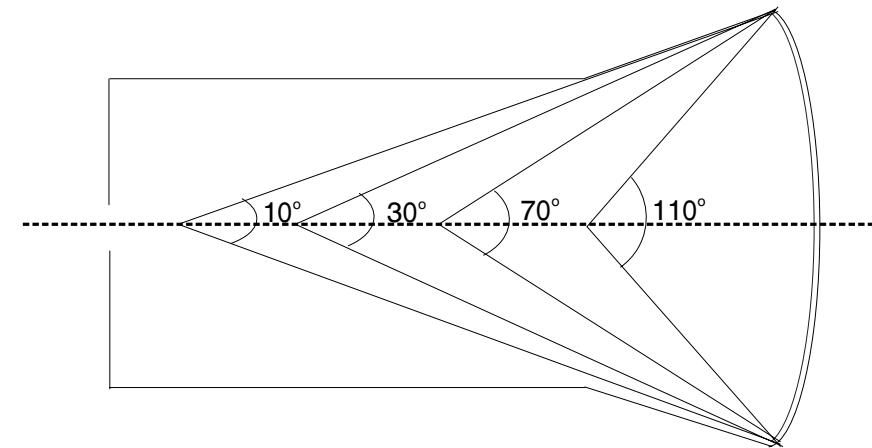


Σχήμα 7.1 Δομή λυχνίας καθοδικών ακτίνων

Ο σωλήνας Σ περιβάλλει τη λυχνία και κατασκευάζεται από γυαλί, κεραμικό υλικό ή μέταλλο (σχήμα 7.1). Στο εσωτερικό του σωλήνα επικρατεί κενό της τάξης των 10^{-5} ατμοσφαιρών¹, ώστε η κίνηση των ηλεκτρονίων προς την οθόνη να γίνεται ανεμπόδιστα. Η εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα καλύπτεται από λεπτό στρώμα αγωγίμου υλικού (γραφίτης, μεταλλικά οξειδία ή αλουμίνιο στην πίσω πλευρά της φθορίζουσας οθόνης) που εξασφαλίζει τη σταθερότητα των εφαρμοζόμενων τάσεων. Από την ακραία επιφάνεια A του σωλήνα περνούν μέσα από αεροστεγώς σφραγισμένες οπές οι αγωγοί τροφοδοσίας των ηλεκτροδίων της λυχνίας. Στην ακραία επιφάνεια B είναι τοποθετημένη η φθορίζουσα οθόνη της διάταξης. Η οθόνη έχει σχήμα: α) ορθογωνίου παραλληλογράμμου (μήκος διαγωνίου 7,5-20 εκατοστά για τον παλμογράφο, 25-70 εκατοστά για την τηλεόραση) ή, β) κύκλου (μήκος διαμέτρου 2,5-25 εκατοστά).

Η δέσμη των ηλεκτρονίων παράγεται από την κάθοδο K που θερμαίνεται από το βοηθητικό νήμα N. Το πλέγμα ελέγχου E έχει τη μορφή κυλίνδρου με στενό άνοιγμα στη μία επιφάνεια που χρησιμεύει για τη χονδρική εστίαση της δέσμης. Το δυναμικό του πλέγματος καθορίζει την τελική τιμή του ρεύματος ηλεκτρονίων της καθόδου. Εφαρμογή ορισμένης τιμής αρνητικού δυναμικού στο πλέγμα έχει ως αποτέλεσμα την

αποκοπή της δέσμης ηλεκτρονίων (δυναμικό αποκοπής). Το πλέγμα A^1 χρησιμεύει για τη συγκέντρωση της δέσμης γύρω από τον άξονα του σωλήνα. Η τελική εστίαση της δέσμης πετυχαίνεται με το πλέγμα εστίασης A^2 . Η κάθοδος και τα υπόλοιπα πλέγματα συγκροτούν το ηλεκτρονικό πυροβόλο της λυχνίας. Το σύστημα απόκλισης μετακινεί τη δέσμη οριζόντια και κατακόρυφα πετυχαίνοντας με τον τρόπο αυτό τη σάρωση της οθόνης και την παραγωγή φωτός από όλη την επιφάνειά της. Η μέγιστη γωνία που πρέπει να διαγράψει η δέσμη ώστε να καλύψει την οθόνη σε όλο το ύψος της εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της λυχνίας (μήκος σωλήνα και μέγεθος οθόνης-σχήμα 7.2).



Σχήμα 7.2

● Μέγιστη γωνία απόκλισης σε συνάρτηση με το μήκος του σωλήνα

Ανάλογα με το είδος του συστήματος απόκλισης οι λυχνίες καθοδικών ακτίνων διακρίνονται σε ηλεκτροστατικής και ηλεκτρομαγνητικής απόκλισης.

Στον πρώτο τύπο η οριζόντια και κατακόρυφη απόκλιση γίνεται με τη χρήση ζεύγους πυκνωτών τοποθετημένου στο εσωτερικό του σωλήνα. Το πλεονέκτημα του μηχανισμού αυτού είναι ότι επιτρέπει την αξιόπιστη λειτουργία της διάταξης απεικόνισης σε ευρεία περιοχή συχνοτήτων του ρεύματος της δέσμης ηλεκτρονίων και γι' αυτό προτιμάται στους παλμογράφους. Το βασικό μειονέκτημα είναι η παραμόρφωση της δέσμης που αυξάνει με τη γωνία απόκλισης. Οι λυχνίες αυτές δε χρησιμοποιούνται για τιμές της μέγιστης γωνίας απόκλισης πάνω από 20° . Στο δεύτερο τύπο η απόκλιση γίνεται με τη χρήση ζεύγους πηνίων τοποθετημένων έξω από το σωλήνα. Το βασικό πλεονέκτημα είναι η σχετικά μικρή παραμόρφωση της δέσμης που επιτρέπει στη μέγιστη γωνία απόκλισης να φθάνει μέχρι την τιμή των 110° . Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται σήμερα αποκλειστικά στις συσκευές τηλεόρασης.

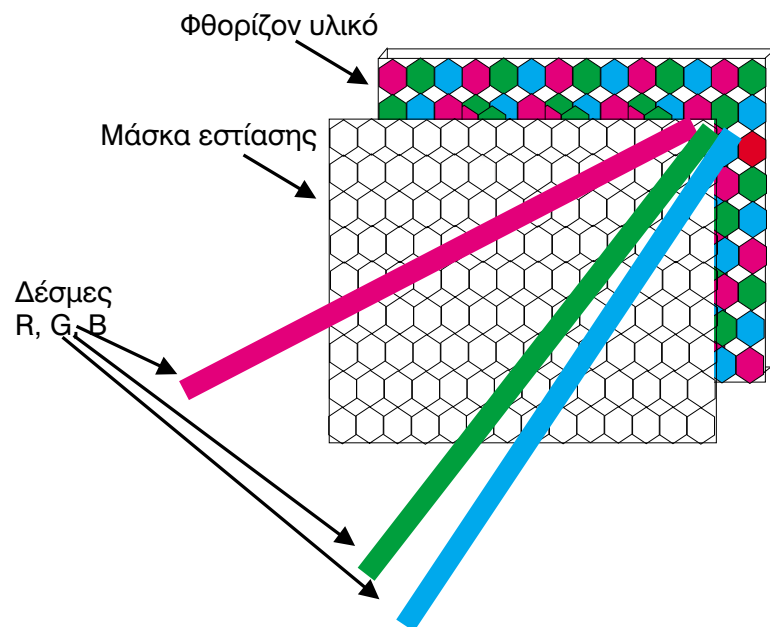
¹ (Μία ατμόσφαιρα είναι η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας)

7.1.2 Παραγωγή χρώματος στις διατάξεις CRT

Η παραγωγή χρώματος στις οθόνες CRT εξασφαλίζεται με τα εξής επιπλέον χαρακτηριστικά:

Χρήση τριών ηλεκτρονικών πυροβόλων. τα πυροβόλα αντιστοιχούν στα χρώματα Κόκκινο (Red), Πράσινο (Green), Μπλε (Blue). Αυτά είναι τα βασικά χρώματα, που όταν αναμειγνύονται με την κατάλληλη αναλογία, παράγουν όλα τα υπόλοιπα.

Οθόνη με τρεις τύπους φθορίζοντος υλικού. κάθε τύπος αντιστοιχεί σε ένα από τα βασικά χρώματα. Οι διαφορετικοί κόκκοι φθορίζοντος υλικού είναι τοποθετημένοι στην οθόνη έτσι ώστε να σχηματίζουν, ανά τρεις, πλήρεις χρωμοτριάδες σχήματος Δ (σχήμα 7.3). Η καθεμία δέσμη φθάνει στον αντίστοιχο κόκκο τον οποίο διεγείρει ανάλογα με την έντασή της.

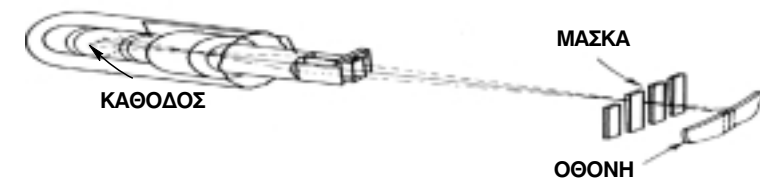


Σχήμα 7.3 Μορφή έγχρωμης οθόνης, μάσκας, σύγκλισης δεσμών R, G, B

Το επιθυμητό χρώμα παράγεται από το συνδυασμό της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τους κόκκους της χρωμοτριάδας. Η άφιξη της δέσμης των ηλεκτρονίων στην ίδια χρωμοτριάδα εξασφαλίζεται με την τοποθέτηση ειδικά σχεδιασμένης μάσκας πριν από το φθορίζον υλικό της οθόνης (σχήμα 7.3). Σε μία οθόνη με μήκος διαγωνίου 25 ιντσών¹ η διάμετρος των οπών της μάσκας είναι 2,5 χιλιοστά και η απόσταση ανάμεσα σε δύο γειτονικές οπές (μετρημένη ανάμεσα στα κέντρα τους) είναι 7 χιλιοστά. Για τη σύγκλιση των δεσμών χρησιμοποιούνται μόνιμοι μαγνήτες (στατική σύγκλιση) και πηνία (δυναμική σύγκλιση) τοποθετημένα στο εξωτερικό του σωλήνα.

¹ μία ίντσα είναι ίση με 2,5 εκατοστά περίπου

Με τους μαγνήτες εξασφαλίζεται η αρχική σύγκλιση στο κέντρο της οθόνης, ενώ το μεταβαλλόμενο ρεύμα που διαβιβάζεται στα πηνία έχει τέτοια μορφή ώστε οι δέσμες να παραμένουν σε σύγκλιση σε όλη τη διάρκεια σάρωσης της οθόνης. Μία ιδιαίτερη κατηγορία έγχρωμων οθονών καθοδικών ακτίνων είναι οι οθόνες In-Line. Σε αυτές οι χρωμοτριάδες δε σχηματίζουν Δ, αλλά βρίσκονται στην ίδια οριζόντια γραμμή. Έτσι η λειτουργία της οθόνης απλοποιείται καθώς έλεγχος για τη σύγκλιση της δέσμης απαιτείται μόνο κατά την οριζόντια διάσταση. Αυτή είναι η λειτουργία των οθονών τύπου Trinitron (σχήμα 7.4). Οι τρεις τύποι φθορίζοντος υλικού είναι τοποθετημένοι στην οθόνη με τη μορφή κατακόρυφων διαδοχικών λωρίδων. Το πλέγμα εστίασης είναι κοινό για τις τρεις δέσμες ενώ τα πηνία σύγκλισης διαφέρουν.

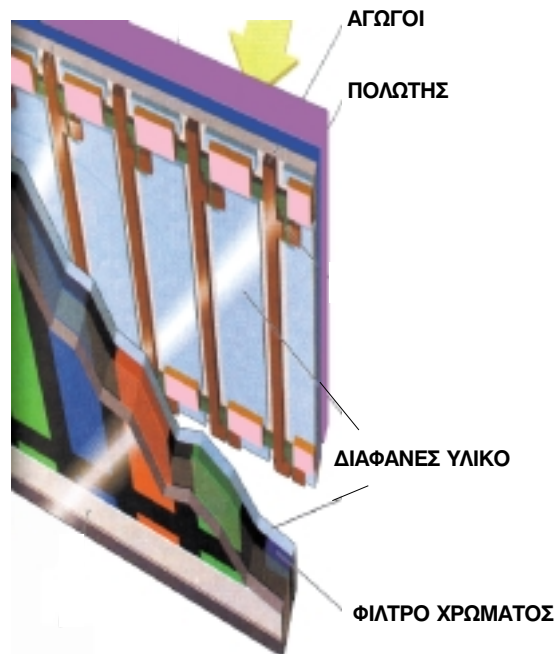


Σχήμα 7.4 Δομή οθόνης τύπου Trinitron

Οι οθόνες καθοδικών ακτίνων παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Χαρακτηρίζονται από υψηλή ανάλυση και υψηλή αντίθεση φωτεινότητας ανάμεσα στις φωτεινές και τις σκοτεινές περιοχές της οθόνης (contrast), ιδιότητες που οδηγούν σε υψηλή ποιότητα εικόνας. Η ποιότητα εικόνας δεν αλλοιώνεται για τις μεγάλες γωνίες παρατήρησης (πλάγιες θέσεις) και για σημαντικές μεταβολές του φωτισμού του περιβάλλοντος. Τα βασικά τους μειονεκτήματα είναι ότι καταναλώνουν μεγάλη ισχύ και ότι είναι ογκώδεις. Σχετικά μικρή τιμή της γωνίας απόκλισης της δέσμης των ηλεκτρονίων πετυχαίνεται μόνο στους σωλήνες μεγάλου μήκους (σχήμα 7.2). Έτσι μείωση της γωνίας απόκλισης συνεπάγεται οπωσδήποτε αύξηση των διαστάσεων του καθοδικού σωλήνα, επομένως και του όγκου της συσκευής. Η ανάγκη κατασκευής οθονών μεγάλων διαστάσεων αλλά μικρού πάχους οδήγησε στην ανάπτυξη εναλλακτικών τεχνολογιών διατάξεων απεικόνισης.

7.2. Οθόνες υγρών κρυστάλλων

Οι υγροί κρύσταλλοι αποτελούν μία ενδιάμεση κατάσταση της ύλης καθώς ανήκουν στην υγρή φάση, αλλά παρουσιάζουν σε ορισμένο βαθμό τάξη στη δομή τους, όπως τα στερεά. Μία οθόνη υγρών κρυστάλλων αποτελείται από ένα λεπτό στρώμα υλικού τοποθετημένο ανάμεσα σε δύο διαφανείς επιφάνειες (σχήμα 7.5). Το πάχος του στρώματος κρυστάλλου κυμαίνεται ανάμεσα σε 5 και 30 μm ¹.

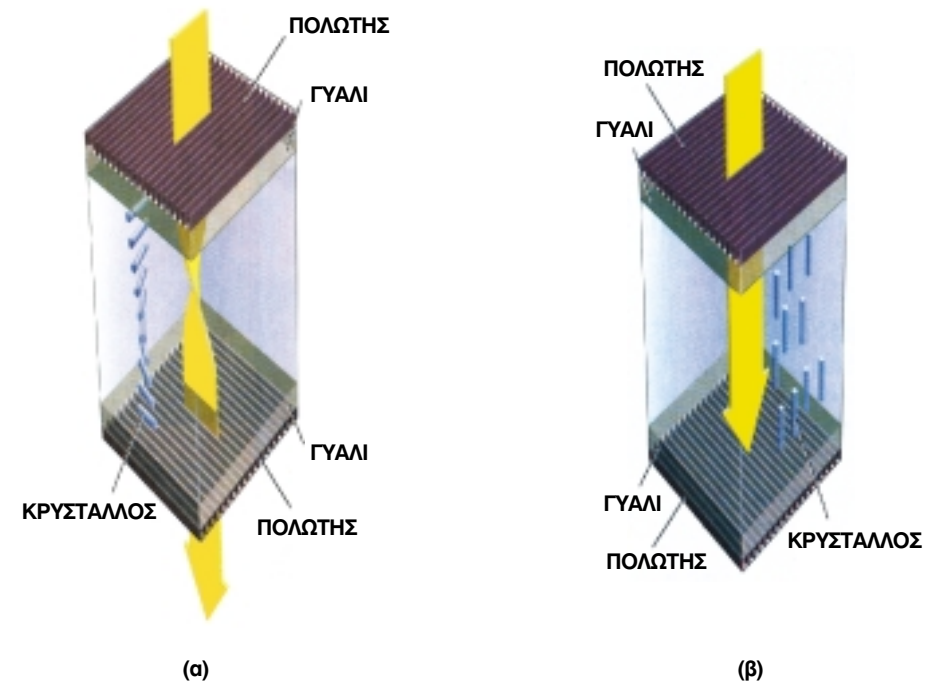


Σχήμα 7.5 Δομή οθόνης υγρών κρυστάλλων

Οι οριακές επιφάνειες είναι κατασκευασμένες από γυαλί καλυμμένο από στρώμα μετάλλου ή μεταλλικού οξειδίου. Στο στρώμα αυτό σχηματίζονται κάθετοι μεταξύ τους αγωγοί (ηλεκτρόδια) μέσω των οποίων εφαρμόζεται στον υγρό κρύσταλλο τάση. Η όλη κατασκευή είναι αεροστεγώς κλειστή, ώστε ο κρύσταλλος να μην κινδυνεύει από τη δράση του οξυγόνου και την υγρασία. Τα στρώματα πολωτή Π βρίσκονται σε άμεση επαφή με τον υγρό κρύσταλλο και προσανατολίζουν αρχικά τα μόρια των οριακών στρωμάτων σε ορισμένη κατεύθυνση (νηματικός υγρός κρύσταλλος). Κατασκευάζονται από πολυϊμίδιο και η επιθυμητή αρχική κατεύθυνση προσανατολισμού καθορίζεται με μηχανική λείανση της επιφάνειάς τους με κεφαλή από νάυλον. Η κεφαλή αυτή κινείται με ορισμένη ταχύτητα και ασκεί ελεγχόμενη πίεση.

¹ ένα μm είναι ίσο με ένα εκατομμυριοστό του μέτρου

Φως το οποίο μπαίνει στη διάταξη από την πλευρά Α στρέφει το επίπεδο πόλωσής του κατά 90° ακολουθώντας τον άξονα των μορίων του κρυστάλλου. Το φως κατά την άφιξή του στην πλευρά Β βγαίνει από τη διάταξη χωρίς καμία μεταβολή (σχήμα 7.6α). Με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου τα μόρια του υγρού κρυστάλλου αποκτούν ενιαίο προσανατολισμό, το επίπεδο πόλωσης του φωτός δε στρέφεται και έτσι το φως δε βγαίνει από την πλευρά Β (σχήμα 7.6β). Μία διάταξη απεικόνισης υγρών κρυστάλλων αποτελείται από μεγάλο αριθμό κυψελίδων υλικού, καθεμία από τις οποίες σχηματίζει ένα στοιχείο οθόνης (pixel) και ελέγχεται μέσω του αντίστοιχου ζεύγους ηλεκτροδίων από ξεχωριστή τιμή τάσης.



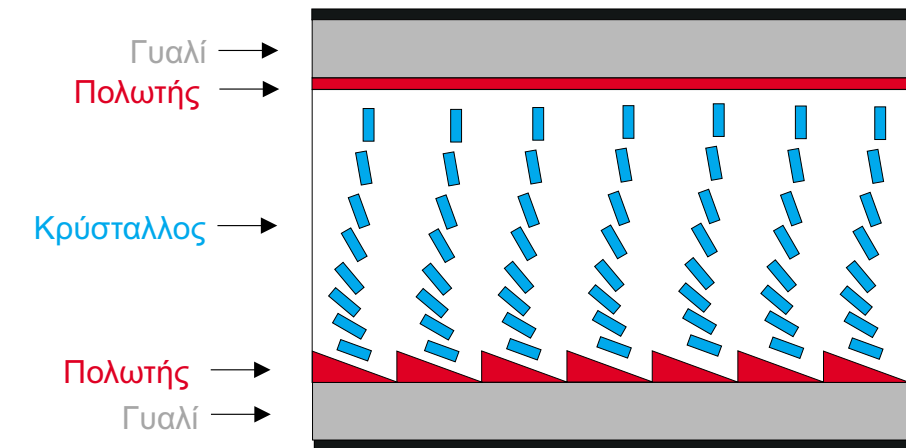
Σχήμα 7.6 Πορεία του φωτός μέσα από οθόνη υγρών κρυστάλλων. α. Χωρίς την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου β. με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου

Στην εσωτερική επιφάνεια της κυψελίδας έχει σχηματισθεί με τη μέθοδο της φωτοχάραξης ο χαρακτήρας που πρέπει να εμφανίζεται όταν η κυψελίδα τροφοδοτείται με τάση. Με την τοποθέτηση ανακλαστικής επιφάνειας Κ πίσω από την πλευρά Α, όταν εφαρμόζεται τάση στην κυψελίδα, η μορφή του χαρακτήρα εμφανίζεται με μαύρο χρώμα, ενώ η υπόλοιπη οθόνη είναι διαφανής (σχήμα 7.6β). Η απλή αυτή μορφή οθόνης που βασίζεται στους νηματικούς υγρούς κρυστάλλους χρησιμοποιείται σε πληθώρα συσκευών καθημερινής χρήσης, όπως είναι τα ηλεκτρονικά ρολόγια, οι αριθμητικές μηχανές τσέπης και οι συσκευές ενδείξεων (σχήμα 7.7).

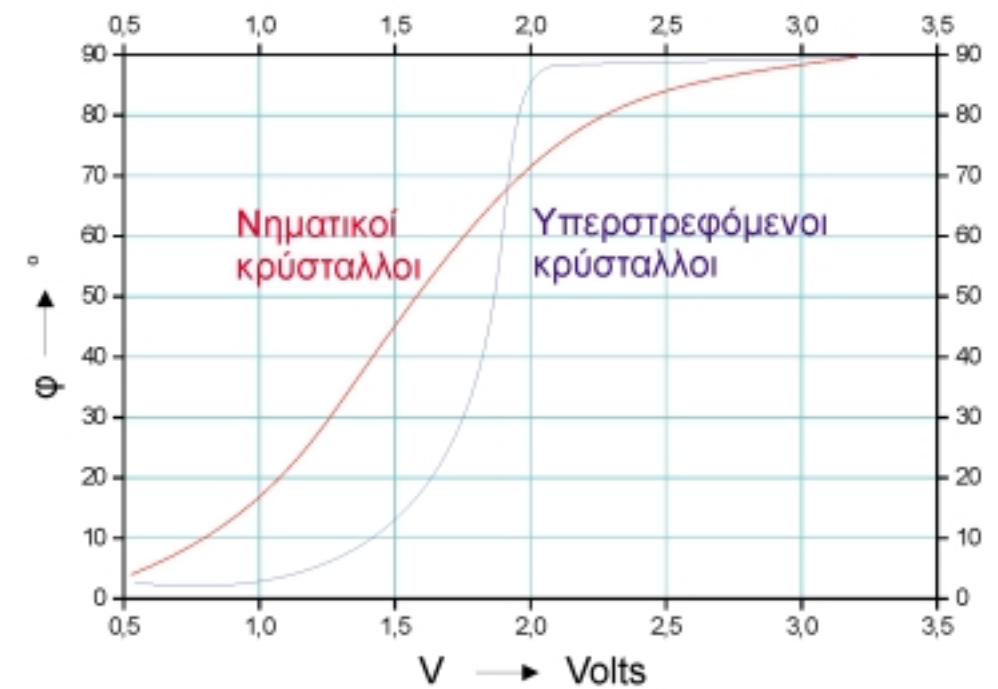


Σχήμα 7.7 Χρήσεις οθονών νηματικών υγρών κρυστάλλων

Τα δύο βασικά πλεονεκτήματα των οθονών νηματικών υγρών κρυστάλλων (που χαρακτηρίζουν και το σύνολο των οθονών υγρών κρυστάλλων) είναι το μικρό πάχος και η χαμηλή κατανάλωση ισχύος (η αλλαγή του προσανατολισμού των μορίων επιτυγχάνεται με τάσεις της τάξης των 1,5V). Τα μειονεκτήματά τους όμως είναι η μικρή διαφορά φωτεινότητας (contrast) και η μικρή περιοχή τιμών που μπορεί να πάρει η γωνία παρατήρησης (η διεύθυνση παρατήρησης πρέπει να είναι πολύ κοντά στην κάθετο στην επιφάνεια). Η τεχνολογία των υπερστρεφόμενων υγρών κρυστάλλων (supertwisted liquid crystals) αντιμετωπίζει και τα δύο αυτά μειονεκτήματα (σχήμα 7.8).



(α)

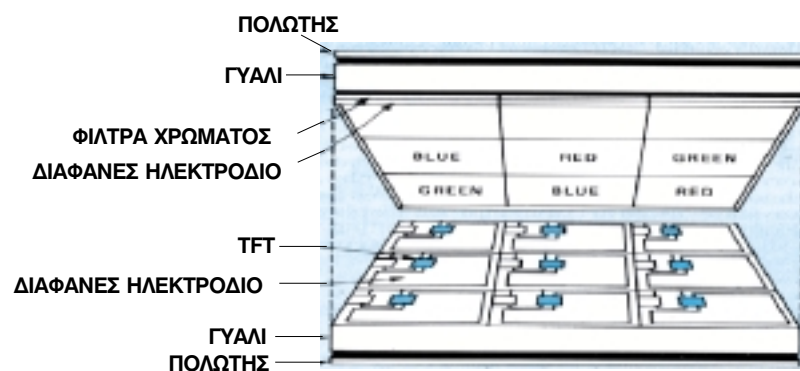


(β)

Σχήμα 7.8 Στοιχείο οθόνης υπερστρεφόμενου υγρού κρυστάλλου α. Δομή β. Χαρακτηριστική αλλαγής προσανατολισμού

Οι υπερστρεφόμενοι κρύσταλλοι κατασκευάζονται με την προσθήκη κατάλληλων προσμείξεων (διχροϊκές ενώσεις) στο εσωτερικό των νηματικών υγρών κρυστάλλων. Οι προσμείξεις αυτές προκαλούν μία συνολική στροφή του άξονα των μορίων του κρυστάλλου κατά 270° από τη μία οριακή επιφάνεια μέχρι την άλλη είναι (σχήμα 7.8α). Η στροφή αυτή ξεκινά εξαιτίας της μορφής του στρώματος του πολωτή Π που εξασφαλίζει ένα αρχικό προσανατολισμό 20° περίπου για τα μόρια του κρυστάλλου. Η χαρακτηριστική αλλαγής προσανατολισμού παριστάνει τη μεταβολή της γωνίας στροφής του άξονα των μορίων του κρυστάλλου σε συνάρτηση με την εφαρμοζόμενη τάση. Η καμπύλη αυτή για τους υπερστρεφόμενους κρυστάλλους παρουσιάζει μία απότομη αύξηση της γωνίας στροφής από τις 20 στις 90° για μία χαρακτηριστική τιμή τάσης μεταξύ 1,5 και 2V (σχήμα 7.8β). Η αντίστοιχη μεταβολή για τους νηματικούς υγρούς κρυστάλλους είναι σταδιακή. Η διαφορά αυτή εξασφαλίζει τη βελτιωμένη ανάλυση και αντίθεση φωτεινότητας που χαρακτηρίζουν τις οθόνες των υπερστρεφόμενων υγρών κρυστάλλων. Ακόμη οι οπτικές ιδιότητες των διχροϊκών ενώσεων εξασφαλίζουν τη δυνατότητα παρατήρησης της οθόνης από μεγάλες γωνίες σε σχέση με την κάθετη στην επιφάνειά της.

Οι απλές οθόνες νηματικών υγρών κρυστάλλων τροφοδοτούνται από το πλέγμα των μεταλλικών ηλεκτροδίων. Η τομή ενός οριζόντιου και ενός κάθετου ηλεκτροδίου αντιστοιχεί σε ένα στοιχείο οθόνης. Για τον προσανατολισμό των μορίων του κρυστάλλου στο στοιχείο απαιτείται η εφαρμογή τάσης και στους δύο αγωγούς του αντίστοιχου ζεύγους. Η ταχύτητα και η αξιοπιστία των οθονών βελτιώνονται σημαντικά με το σχηματισμό τρανζίστορ λεπτού φιλμ (Thin Film Transistors-TFTs) καθένα από τα οποία ελέγχει τη λειτουργία ενός και μόνο στοιχείου οθόνης (σχήμα 7.9). Τα τρανζίστορ λεπτού φιλμ κατασκευάζονται κυρίως από άμορφο ή πολυκρυσταλλικό πυρίτιο.



Σχήμα 7.9 Δομή έγχρωμης οθόνης υγρών κρυστάλλων με TFTs.

Η παραγωγή έγχρωμης εικόνας στις οθόνες υγρών κρυστάλλων εξασφαλίζεται με την προσθήκη κατάλληλων φίλτρων για τα τρία βασικά χρώματα.

Οι προσμείξεις που παίζουν το ρόλο φίλτρου τοποθετούνται στο εσωτερικό της κυψελίδας, ώστε να ελαχιστοποιηθούν φαινόμενα παράλλαξης.

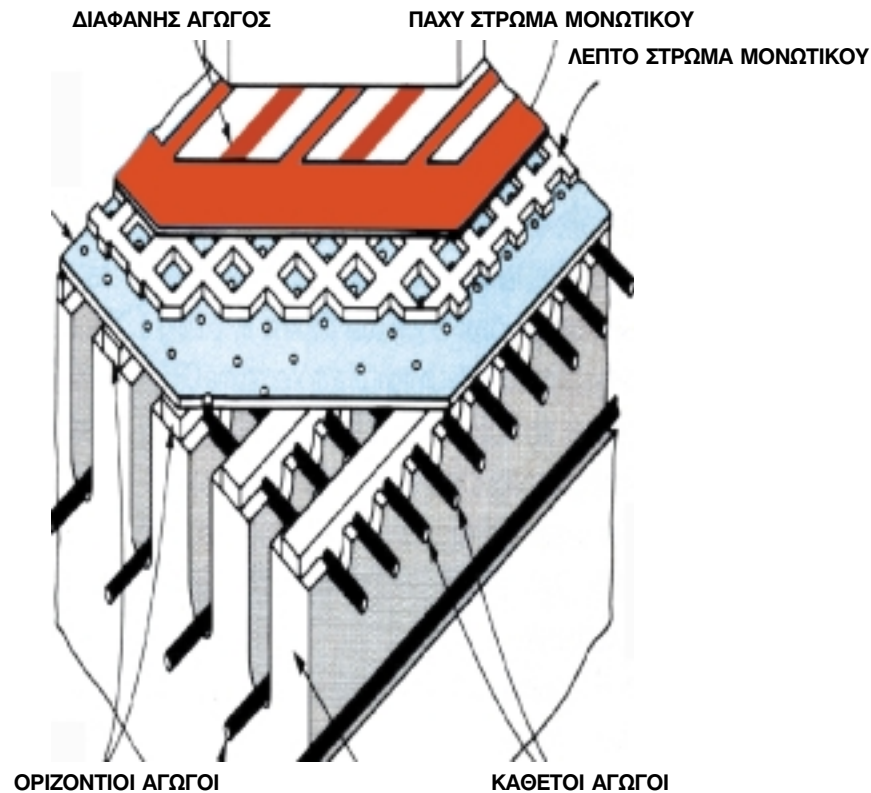
Οι οθόνες υγρών κρυστάλλων χρησιμοποιούνται κατεξοχήν στους φορητούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές και τις βιντεοκάμερες εξαιτίας της μικρής ισχύος που καταναλώνουν κατά τη λειτουργία τους. Ακόμη χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται μεγάλη επιφάνεια οθόνης με περιορισμένο όμως πάχος. Στο σχήμα 7.10 παρουσιάζονται έγχρωμες οθόνες υγρών κρυστάλλων σε δύο εφαρμογές.



Σχήμα 7.10 Έγχρωμες οθόνες υγρών κρυστάλλων

7.3 Οθόνες πλάσματος

Περιέχουν μείγμα ευγενών αερίων (συνήθως αργό-νέο) σε ένα χώρο μικρού πάχους. Με την εφαρμογή κατάλληλης τάσης μέσω μεταλλικών ηλεκτροδίων παράγεται εκκένωση στις διάφορες περιοχές του αερίου οπότε αυτό φωτοβολεί (σχήμα 7.11).



Σχήμα 7.11 Δομή οθόνης πλάσματος.

Στις οθόνες dc-πλάσματος δεν υπάρχει στρώμα μονωτικού και το αέριο βρίσκεται σε επαφή με τα ηλεκτρόδια. Η εκκένωση του αερίου και η ακτινοβολία που προέρχεται από αυτή διατηρούνται για όσο χρόνο εφαρμόζεται κατάλληλη συνεχής τάση στα ηλεκτρόδια. Τα οριζόντια και τα κάθετα ηλεκτρόδια σχηματίζουν τις γραμμές και τις στήλες, οι οποίες τεμνόμενες ανά δύο καθορίζουν τα στοιχεία της οθόνης (pixels). Οι οθόνες αυτές απαιτούν απλούστερα κυκλώματα οδήγησης αλλά δεν μπορούν να αποδώσουν αξιόπιστα περισσότερους από 40 χαρακτήρες ανά γραμμή. Χρησιμοποιούνται σε ενδεικτικές διατάξεις από τις οποίες οι απαιτήσεις για την ποιότητα της εικόνας δεν είναι υψηλές.

Στις οθόνες ac-πλάσματος η ακτινοβολία από την εκκένωση του αερίου είναι ανάλογη με την ένταση της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζεται στα ηλεκτρόδια.

Ένα στρώμα μονωτικού χωρίζει τα ηλεκτρόδια από το αέριο. Το στρώμα αυτό κατασκευάζεται από οξείδιο του μολύβδου ή διοξείδιο του πυριτίου. Από τα υλικά αυτά προτιμάται συνήθως το δεύτερο καθώς έχει μεγαλύτερη διηλεκτρική σταθερά και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μικρότερα πάχη. Συνήθως προστίθεται και ενισχυτικό για την ακτινοβολία στρώμα οξειδίου του μαγνησίου που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του δυναμικού εκκένωσης του αερίου σε 200Vp-p. Οι οθόνες αυτές παρέχουν πολύ υψηλή ανάλυση και μπορούν να κατασκευασθούν σε μεγάλα μεγέθη (οθόνη 19 ιντσών έχει πάχος μόλις 8 εκατοστών).

Ο πίνακας 7.1 παρουσιάζει τις κυριότερες κατηγορίες εφαρμογών στις οποίες χρησιμοποιούνται οι οθόνες καθοδικών ακτίνων, υγρών κρυστάλλων και πλάσματος.

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Καθοδικών ακτίνων	Τηλεοπτικοί δέκτες, οθόνες Η/Υ, ραντάρ, έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας, γραφικές τέχνες, ιατρικά μηχανήματα
Υγρών κρυστάλλων	Ρολόγια, υπολογιστές τσέπης, μετρητές, γραμμές μηνυμάτων, φορητοί υπολογιστές, βιντεοκάμερες
Πλάσματος	Μετρητές, πίνακες ανακοινώσεων, γραμμές μηνυμάτων, ρολόγια, φορητοί υπολογιστές

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Να αναφέρετε τις βασικότερες κατηγορίες διατάξεων απεικόνισης και να περιγράψετε σε μία το πολύ παράγραφο τα βασικά χαρακτηριστικά της καθεμιάς.
2. Να αποδώσετε στις παρακάτω προτάσεις το χαρακτηρισμό Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - A. Το ηλεκτρονικό πυροβόλο δημιουργεί και μορφοποιεί τη δέσμη των ηλεκτρονίων
Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - B. Στις τηλεοράσεις χρησιμοποιείται η ηλεκτροστατική εστίαση
Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - Γ. Στους παλμογράφους απαιτείται μικρότερη ανάλυση από τις τηλεοράσεις
Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - Δ. Η μάσκα στις έγχρωμες λυχνίες καθοδικών ακτίνων καθορίζει την ποιότητα χρώματος του κάθε στοιχείου οθόνης Σωστό ☐ Λάθος ☐
 - E. Οι οθόνες καθοδικών ακτίνων τρίνιτρον έχουν τις χρωμοτριάδες διατεταγμένες σε σχήμα Δ
Σωστό ☐ Λάθος ☐
3. Τοποθετήστε σε αύξουσα σειρά ανάλογα με την καταναλισκόμενη ισχύ τα παρακάτω είδη διατάξεων απεικόνισης:
λυχνίες καθοδικών ακτίνων, οθόνες ac-πλάσματος, οθόνες νηματικών υγρών κρυστάλλων, οθόνες dc-πλάσματος.
4. Να αναπτύξετε σε ένα κείμενο όχι μεγαλύτερο από δώδεκα σειρές, τα βασικά χαρακτηριστικά των οθονών υγρών κρυστάλλων. Να αναφέρετε τα βασικά πλεονεκτήματα των οθονών της κατηγορίας αυτής.
5. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Το ηλεκτρονικό πυροβόλο στις οθόνες καθοδικών ακτίνων περιλαμβάνει την που παράγει τα της δέσμης. Τα υπόλοιπα ηλεκτρόδια του πυροβόλου πραγματοποιούν την της δέσμης. Η απόκλιση της δέσμης γίνεται ή Ο πρώτος τρόπος χρησιμοποιείται κυρίως στους ενώ ο δεύτερος στις Η οθόνη καλύπτεται από στρώμα υλικού. Για την παραγωγή χρώματος σε κάθε σημείο της οθόνης αντιστοιχεί μία κόκκων φθορίζοντος υλικού που καθέναν παράγει ένα από τα βασικά χρώματα. Η τελική σύγκλιση της δέσμης στην οθόνη εξασφαλίζεται με την Κατασκευάζεται από υλικό που δε διαστέλλεται με την αύξηση της θερμοκρασίας έτσι ώστε η εικόνα να μην
6. Ποιες είναι οι βασικές κατηγορίες διατάξεων απεικόνισης που μπορούν να έχουν μικρό πάχος; Σε ποιες κατηγορίες εφαρμογών είναι ιδιαίτερα αναγκαίες; Ποιος είναι ο λόγος που οι συμβατικές οθόνες δεν είναι δυνατό να έχουν μικρό πάχος; Σε ποιες εφαρμογές χρησιμοποιούνται σήμερα οθόνες μικρού πάχους; Τι πρέπει να γίνει ακόμη ώστε οι οθόνες μικρού πάχους να αρχίσουν να χρησιμοποιούνται μαζικά για την κατασκευή τηλεοράσεων;

7. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία που εμφανίζονται στην αριστερή στήλη (ιδιότητες) με αυτά που περιέχονται στην δεξιά στήλη (είδος οθόνης):

(α) Υψηλή ανάλυση	1. CRT
(β) Μεγάλη ταχύτητα	2. Νηματικών LCD
(γ) Υψηλό contrast	3. LCD - TFT
(δ) Μεγάλη γωνία παρατήρησης	4. Πλάσματος

Παρατήρηση: Σε κάθε γραμμή της αριστερής στήλης μπορεί να αντιστοιχούν περισσότερες γραμμές της δεξιάς στήλης.

8. Να συμπληρώσετε τα κενά:
Οι οθόνες υγρών κρυστάλλων απαιτούν ισχύ για τη λειτουργία τους. Το φως περνά από το εσωτερικό τους όταν δεν τάση στα άκρα του κρυστάλλου. Στην περίπτωση των νηματικών κρυστάλλων ο άξονας των μορίων από την πρώτη μέχρι τη δεύτερη οριακή επιφάνεια στρέφεται κατά Τα μειονεκτήματα των νηματικών υγρών κρυστάλλων είναι η μικρή και η μικρή περιοχή τιμών Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίζονται στην κατηγορία των υγρών κρυστάλλων. Σε αυτούς ο άξονας των μορίων στρέφεται κατά Μέρος της στροφής γίνεται εξαιτίας των στρωμάτων πόλωσης που αναπτύσσονται σε άμεση επαφή με τον κρύσταλλο και κατασκευάζονται από Η καμπύλη των κρυστάλλων αυτών είναι πολύ απότομη για μία τιμή τάσης μεταξύ και V. Επιπλέον η γωνία παρατήρησης αυξάνεται με την προσθήκη μορίων ενώσεων. Αυξημένες τιμές της γωνίας παρατήρησης είναι απαραίτητες όταν οι οθόνες χρησιμοποιούνται σε συσκευές
9. Να επιλέξετε τους αριθμούς των απαντήσεων που αντιστοιχούν σε ορθούς τρόπους συμπλήρωσης των παρακάτω προτάσεων (πιθανόν οι ορθές προτάσεις να είναι περισσότερες από μία):
 - A. Οι οθόνες παλμογράφων:
 1. εστιάζουν ηλεκτρομαγνητικά.
 2. καταναλώνουν μεγάλη ισχύ.
 3. είναι κατασκευασμένες από υγρούς κρυστάλλους.
 4. δεν απαιτούν σταθερή τροφοδοσία.
 - B. Οι οθόνες υγρών κρυστάλλων:
 1. έχουν οπωσδήποτε υψηλή ανάλυση.
 2. έχουν οπωσδήποτε μικρό πάχος.
 3. έχουν οπωσδήποτε υψηλή αξιοπιστία.
 4. έχουν οπωσδήποτε υψηλή ταχύτητα λειτουργίας.
 - Γ. Σχετικά με τις οθόνες πλάσματος:

1. λειτουργούν πάντα με εναλλασσόμενο ρεύμα.
2. λειτουργούν με τη βοήθεια εκκένωσης αερίου.
3. τα pixels καθορίζονται από τις τομές οριζόντιων και κάθετων ηλεκτροδίων.
4. μπορεί να έχουν μεγάλες διαστάσεις.

Να περιγράψετε την αρχή λειτουργίας των κυριότερων τύπων οθονών υγρών κρυστάλλων σε μία παράγραφο το πολύ πέντε σειρών για τον κάθε τύπο.

80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

Ημιαγωγικά Εξαρτήματα Ισχύος

Σκοποί Κεφαλαίου:

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- Να αναφέρει τις οικογένειες των θυρίστορ.
- Να γνωρίζει τα βασικά χαρακτηριστικά μεγέθη τους.
- Να αναφέρει τις κυριότερες χρήσεις τους.
- Να εξηγεί τις διαφορές στις εφαρμογές τους.