



Μετρήσεις μαγνητικών πεδίων

Οι διαφάνειες αποτελούν υλικό του βιβλίου:

Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου ***Τεχνολογία μετρήσεων***

2η Αναθεωρημένη Έκδοση

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22694842

Έκδοση: 2η Έκδοση/2013

ISBN: 978-960-418-386-9

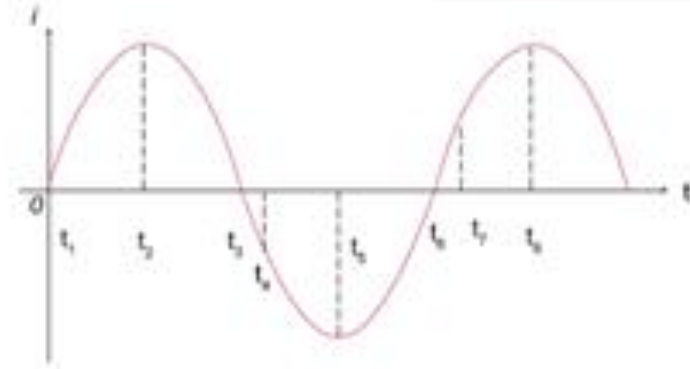
Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

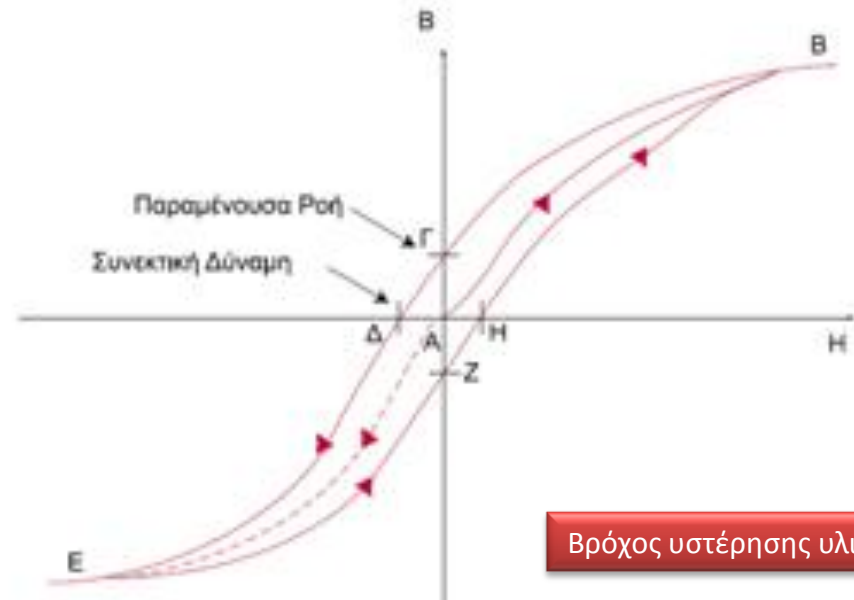
Βρόχος υστέρησης

Ρεύμα τροφοδοσίας πηνίου



Μαγνητικές Ιδιότητες υλικών

- Διαμαγνητικά
- Παραμαγνητικά
- Σιδηρομαγνητικά



Βρόχος υστέρησης υλικού

Για την μέτρηση της έντασης του μαγνητικού πεδίου ανεξαρτήτου εφαρμογής διακρίνουμε τους παρακάτω αισθητήρες ή διατάξεις:

- Πηνίο ανίχνευσης
- Μαγνητόμετρο πύλης ροής
- Ατομικό μαγνητόμετρο
- Αισθητήρες φαινομένου Hall
- Μαγνητοαντίσταση
 - Ανισοτροπική μαγνητοαντίσταση
 - Γιγάντια μαγνητοαντίσταση
 - Μαγνητοαντίσταση Τούνελ
- Μαγνητοδίοδος
- Μαγνητοτρανζίστορ
- Οπτικό μαγνητόμετρο
- Αισθητήρας SQUID
 - Αισθητήρας RF SQUID
 - Αισθητήρας DC SQUID
- Μαγνητόμετρο οπτικής άντλησης
- Μαγνητοοπτικός αισθητήρας

Αισθητήρες φαινομένου Hall

$$V_H = \frac{R_H BI}{d}$$

Οι σύγχρονοι αισθητήρες ημιαγωγού Hall κατασκευάζονται από στοιχεία πυριτίου.

Για τους αισθητήρες ημιαγωγού, οι οποίοι φέρουν φορείς από ηλεκτρόνια και οπές, η σταθερά Hall δίνεται από τη σχέση

$$R_H = \frac{p\mu_h^2 - n\mu_e^2}{q_e(p\mu_h + n\mu_e)^2}$$

n : η συγκέντρωση ηλεκτρονίων

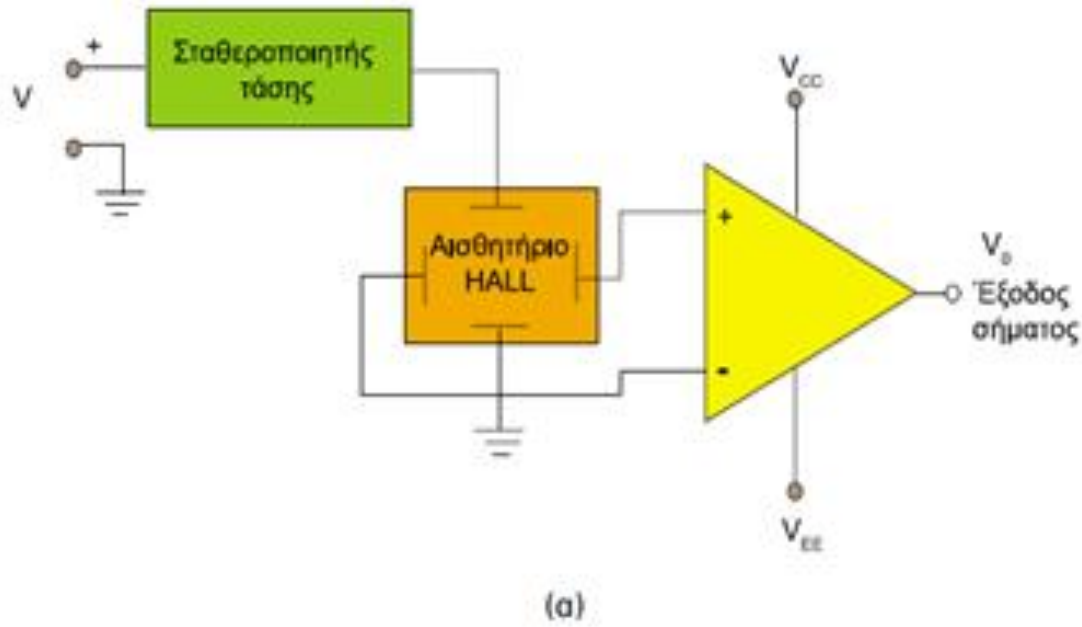
p : η συγκέντρωση οπών

μ_e : η κινητικότητα ηλεκτρονίων

μ_h : η κινητικότητα των οπών, και

q_e : το φορτίο του ηλεκτρονίου

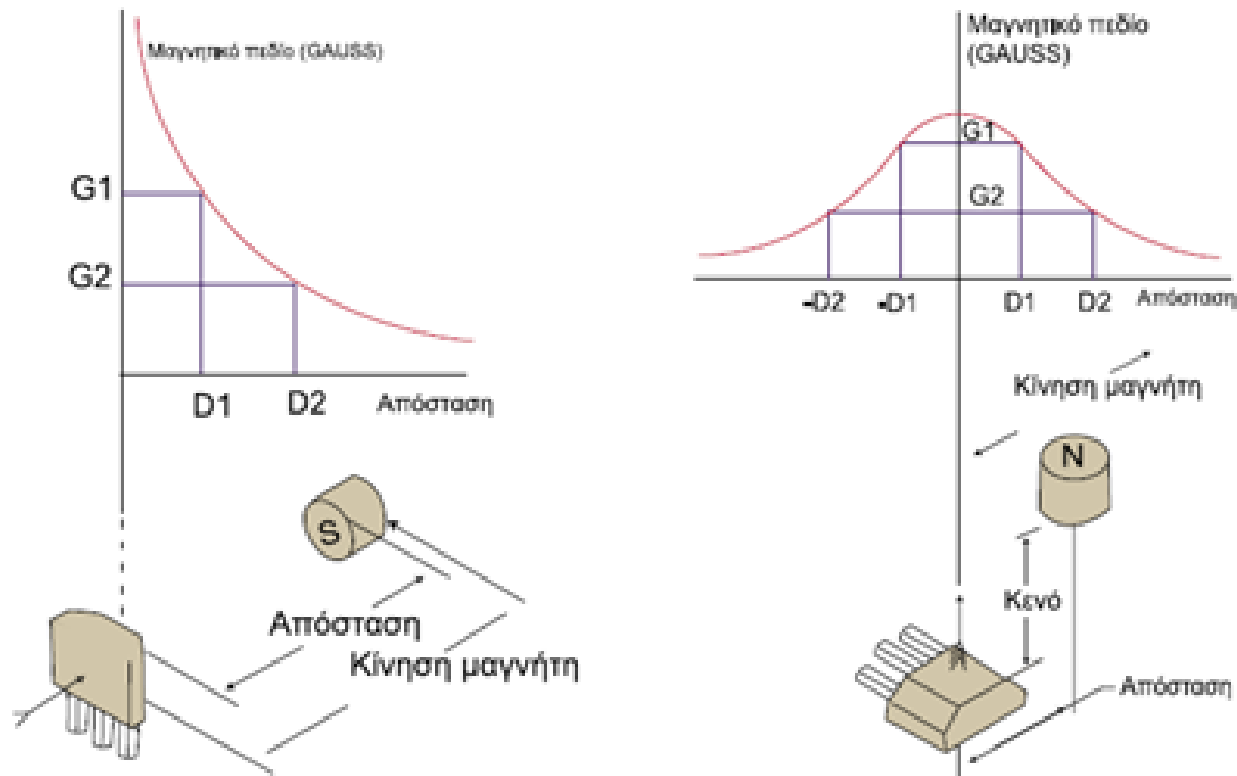
Δείγμα αισθητήρα φαινομένου Hall



α) Διάγραμμα δομικών τμημάτων

β) τυπικό δείγμα αισθητήρα Hall (SS461)

Μεταβολή έντασης μαγνητικού πεδίου



Μεταβολή της έντασης του ανιχνευόμενου μαγνητικού πεδίου από αναλογικό αισθητήρα Hall α) για κάθετη και β) για οριζόντια μετατόπιση του μαγνητικού πόλου

Μαγνητοαντίσταση

Κατά το φαινόμενο της μαγνητοαντίστασης η αντίσταση του στοιχείου μεταβάλλεται όταν αυτό βρεθεί σε μαγνητικό πεδίο.

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{R(H) - R(0)}{R(0)}$$

Η ύπαρξη της μαγνητοαντίστασης οφείλεται στη δύναμη Lorentz που ασκείται στα φορτία του στοιχείου όταν αυτό διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως i .

Ανισοτροπική Μαγνητοαντίσταση

Η αντίσταση ενός στοιχείου ανισοτροπικής μαγνητοαντίστασης (Anisotropic Magnetoresistance, AMR) μεταβάλλεται σε σχέση με τη γωνία θ του μαγνητικού πεδίου σύμφωνα με τη σχέση

$$R = R_0 + \Delta R_0 \cos^2 \theta$$

όπου,

R_0 : σταθερά υλικού του αισθητήρα, και

ΔR_0 : εξαρτώμενο ποσοστό μεταβολή υλικού (3% για το στοιχείο MKZ10A)

Γιγάντιες μαγνητοαντιστάσεις

Τα στοιχεία γιγάντιων μαγνητοαντιστάσεων (Giant MagnetoResistance, GMR) αποτελούνται από διαδοχικές δομές φερρομαγνητικών και μη μαγνητικών αγωγών. Τα στρώματα του φερρομαγνητικού υλικού βρίσκονται σε αντιπαράλληλη μαγνητική διάταξη μεταξύ τους ενώ διαχωρίζονται από τον μη μαγνητικό αγωγό, πάχους της τάξης μερικών nm.



Μαγνητοαντιστάσεις Τούνελ

Η μαγνητοαντίσταση τύπου τούνελ (Tunneling MagnetoResistance, TMR) παρουσιάζει ίδια δομή με την μαγνητοαντίσταση GMR με τη διαφορά ότι το μονωτικό στοιχείο μεταξύ του στρώματος αναφοράς και μέτρησης είναι από ημιαγωγό υλικό, αυξάνοντας την αντίσταση που παρουσιάζει το στοιχείο. Τα στοιχεία TMR χρησιμοποιούνται ως κεφαλές σκληρών δίσκων, ως στοιχεία μνήμης MRAM, κ.α.

Μαγνητοδίοδος

Μια μαγνητοδίοδος καλείται δίοδος PIN και αποτελείται

- ✓ από ένα στρώμα πυριτίου τύπου p
- ✓ ένα στρώμα τύπου n και
- ✓ από μια περιοχή καθαρού πυριτίου n μεταξύ των δύο στρωμάτων.

Η μεταβολή των χαρακτηριστικών του στοιχείου εξαρτάται:

- α) από την ένταση του μαγνητικού πεδίου
- β) από τη γωνία σε σχέση με την διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου της διόδου

Μαγνητοτρανζίστορ

Χαρακτηριστικό ενός μαγνητοτρανζίστορ είναι ότι φέρει και δεύτερο ακροδέκτη συλλέκτη σε σύγκριση με ένα διπολικό τρανζίστορ. Η λειτουργία του στηρίζεται στο φαινόμενο της μαγνητοσυγκέντρωσης, όπως και στην μαγνητοδίοδο PIN.

Αισθητήρας SQUID

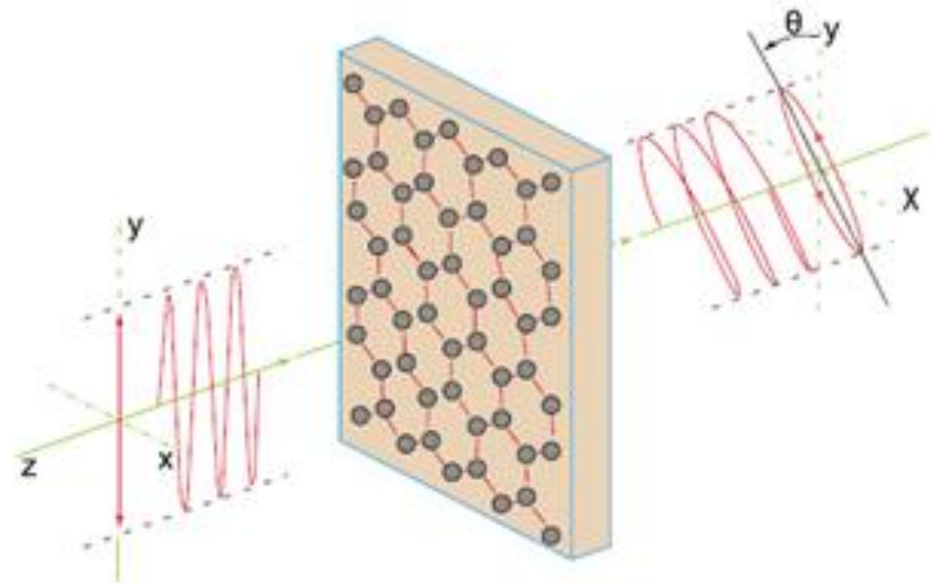
- ❑ Η λειτουργία του SQUID στηρίζεται στο φαινόμενο Josephson σύμφωνα με το οποίο ρεύμα ηλεκτρονίων (ανά ζεύγη) μπορεί αν διέλθει μέσω δημιουργίας τούνελ υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου όταν τα στοιχεία ψυχθούν στους 4.2 K.
- ❑ Το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διέλθει από μια επαφή Josephson, χωρίς ύπαρξη διαφοράς δυναμικού, καλείται κρίσιμη ένταση I_C . Όταν το κρίσιμο ρεύμα περάσει την οριακή τιμή του, που εξαρτάται από τα στοιχεία της δομής, τότε εμφανίζεται γραμμική μεταβολή ρεύματος και τάσης.
- ❑ Τα στοιχεία SQUID μπορούν να ανιχνεύσουν μαγνητικά πεδία της τάξης των fTesla.
- ❑ Σήμερα συναντάμε δύο κατηγορίες αισθητήριων διατάξεων SQUID, το:
 - RF SQUID και το
 - DC SQUID

Μαγνητοοπτικός Αισθητήρας

Η λειτουργία μιας μαγνητοοπτικής διάταξης (Magneto-Optical) στηρίζεται στο φαινόμενο Faraday (Πολαριμετρία Faraday). Η σχέση μεταξύ γωνίας και έντασης μαγνητικού πεδίου για παραμαγνητικά υλικά δίνεται από τη σχέση:

$$\theta = V \cdot H \cdot t$$

V: σταθερά Verdet,
t: το πάχος του στοιχείου
H: ένταση μαγνητικού πεδίου



Ερωτήσεις

