

Μάθημα: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Εισηγητής: ΤΑΣΟΣ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ

Ακαδημαϊκό Έτος 2012-13
Α' Εξεταστική Θερινού εξαμήνου
Σημειώσεις : κλειστές
Διάρκεια εξέτασης: 2.5 ώρες
Ημ. εξέτασης: 22/ 2 /2013

Θέμα 3^ο (5.0):

Έστω δύο χωρητικοί αισθητήρες πίεσης που βασίζουν τη λειτουργία του σε ελαστική μεμβράνη κυκλικού σχήματος η οποία παραμορφώνεται με την διαφοροποίηση της πίεσης. Η μεμβράνη σφραγίζει κοιλότητα βάθους 10μm.

P (Pa)	C 1 (pF)	C 2 (pF)
0	1.0	2.0
1	10.0	16.9
2	18.8	31.2
3	27.1	44.2
4	34.6	55.1
5	41.0	63.3
6	46.0	67.9
7	49.3	68.3
8	50.6	63.8
9	49.6	53.6
10	46.0	37.0

α) Στον διπλανό πίνακα δίνεται η απόκριση δύο αισθητήρων (C1 και C2). Να σχολιάσετε και να συγκρίνετε τα δύο σήματα σε όρους ευαισθησίας και μετρητικού πεδίου. Ποιος από τους δύο αισθητήρες και σε ποια περιοχή τιμών εμφανίζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία;

β) Δίνεται ότι και για τους δύο αισθητήρες, η σχέση που συνδέει τη χωρητικότητα C με την πίεση P είναι της μορφής

$$C^i(P) = A_0^i + A_1^i P + A_2^i P^2 + A_3^i P^3$$

Όπου $i=1, 2$ δείκτης που αναφέρεται στους αισθητήρες C1 και C2 αντίστοιχα. Δίνεται επίσης ότι $A_2^1 = A_2^2 = 0.05 \text{ pf/Pa}^2$, $A_1^1 = 9$

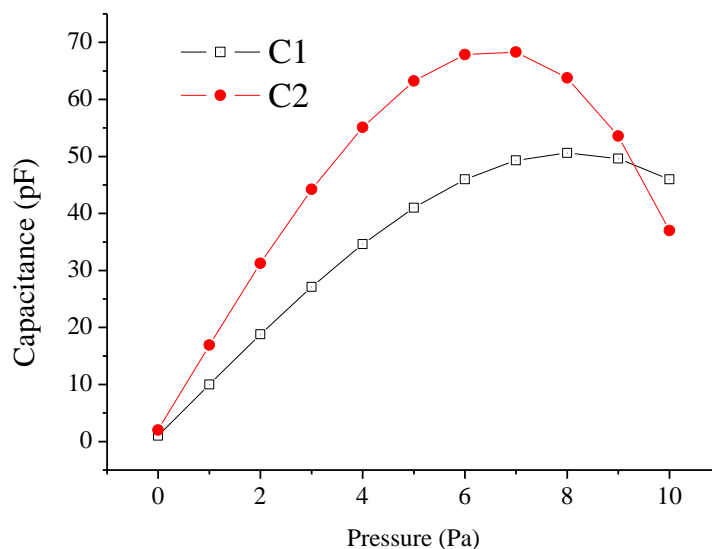
pf/Pa , $A_1^2 = 15 \text{ pf/Pa}$. Να βρείτε τους συντελεστές $A_0^1, A_0^2, A_1^1, A_3^2$. Σχολιάστε πως επηρεάζεται η ευαισθησία και το μετρητικό πεδίο από αυτούς.

γ) Για τον αισθητήρα C1 η μέγιστη απομάκρυνση της μεμβράνης w ως συνάρτηση της ασκούμενης πίεσης δίνεται από τον τύπο (θεωρώντας ότι για P=0 η μεμβράνη παραμένει επίπεδη):

$$w = kP + mP^2$$

Να υπολογίσετε την ευαισθησία του αισθητήρα, όταν αυτός εισέρχεται σε λειτουργία touch mode. Δίνονται $k=4 \text{ μm/Pa}$, $m=0.225 \text{ μm/Pa}^2$.

α)



Είναι προφανές ότι ο αισθητήρας C2 παρουσιάζει πιο μεγάλη ευαισθησία από τον C1 στις χαμηλές τιμές πίεσης. Με πρόχειρους υπολογισμούς προκύπτει ότι η μεγαλύτερη μεταβολή της χωρητικότητας για σταθερή μεταβολή της πίεσης για τον C2 είναι μεταξύ 0 και 1 Pa και ίση με 14,93 fF/ Pa. Όσον αφορά το μετρητικό πεδίο, ο C1 παρουσιάζει ευρύτερο πεδίο, περίπου 8 Pa έναντι 7 Pa του C1. Μεταξύ των δύο υπάρχει ένα trade-off σε όρους ευαισθησίας και μετρητικού πεδίου.

β) Για να βρεθούν οι συντελεστές, ο πιο εύκολος τρόπος είναι να χρησιμοποιηθεί η τιμή μηδενικής πίεσης στην εξίσωση που δίνεται:

$$C^1(P=0) = A_0^1 \text{ και } C^2(P=0) = A_0^2$$

Με βάση τους πίνακες είναι $A_0^1 = 1 \text{ pF}$ και $A_0^2 = 2 \text{ pF}$. Στη συνέχεια με απλή αντικατάσταση προκύπτουν εύκολα οι τιμές των υπολοίπων όρων:

$$A_3^1 = -0.05 \text{ pF/Pa}^3 \text{ και } A_3^2 = -0.15 \text{ pF/Pa}^3.$$

Τελικά οι εξισώσεις που δίνουν την εξάρτηση της χωρητικότητας από την πίεση γίνονται:

$$C^1(P) = 1 + 9P + 0.05P^2 - 0.05P^3$$

$$C^2(P) = 2 + 15P + 0.05P^2 - 0.15P^3$$

Παρατηρείται ότι η αυξημένη ευαισθησία του αισθητήρα C2 σε σχέση οφείλεται στην αυξημένη τιμή του συντελεστή του πρωτοβάθμιου όρου (ειδικά από τη στιγμή που οι A_2 είναι κοινί). Καθώς όμως ο C2 έχει αυξημένο συντελεστή A_3 , για μεγάλες τιμές πίεσης αυτός ο όρος γίνεται

κυρίαρχος και καθώς είναι ο μόνος αρνητικός όρος, οδηγεί νωρίτερα στην αλλαγή της μονοτονίας της καμπύλης.

γ) Ο αισθητήρας εισέρχεται σε touch mode όταν η μεμβράνη έρθει σε επαφή με το «κάτω» μέρος της κοιλότητας. Αυτό θα συμβεί αρχικά στο σημείο μέγιστης απομάκρυνσης της μεμβράνης στο κέντρο του κυκλικού δίσκου, όταν αυτό θα έχει μετατοπιστεί κατά 10μm.

Είναι

$$w = kP + mP^2$$

$$10 = 4P + 0.225P^2 \Rightarrow 0.225P^2 + 4P - 10 = 0$$

Προσέξτε για την αντικατάσταση των τιμών, ότι όλες οι μονάδες μήκους είναι σε μm. Από την τελευταία σχέση προκύπτουν δύο τιμές πίεσης

$$P_1 = -20 \text{ Pa και } P_2 = 2.22 \text{ Pa}$$

Από αυτές η πρώτη δεν έχει φυσική σημασία.

Η ευαισθησία του αισθητήρα είναι

$$\frac{\partial C^1(P)}{\partial P} = 9 + 0.1P - 0.15P^2$$

Και η τιμή της στο σημείο $P_2 = 2.22 \text{ Pa}$

$$\left. \frac{\partial C^1(P)}{\partial P} \right|_{P_2} = +9 + 0.1 \cdot 2.2 - 0.15 \cdot (2.2)^2 \approx 8.5 \text{ pf/Pa}$$