



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
Τ.Ε.Ι. ΑΘΗΝΑΣ



Μάθημα: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Εισηγητής: ΤΑΣΟΣ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ

Ακαδημαϊκό Έτος 2012-13
Β' Εξεταστική Χειμερινού εξαμήνου

Ημ. εξέτασης: 27/ 2 /2013

Θέμα 3^ο (4.5):

Έστω χωρητικός αισθητήρας πίεσης ολοκληρωμένος σε πυρίτιο. Δίνεται η εξάρτηση της χωρητικότητας του πυκνωτή του αισθητήρα από την πίεση και τη θερμοκρασία:

$$C_1(P,T) = A_0 + A_1 \cdot P + A_2 \cdot P^2 + A_3 \cdot P^3 + B \cdot T^2 \quad (1)$$

με $A_0 = 2 \text{ pF}$, $A_1 = 12 \text{ pF / (Pa)}$, $A_2 = 3 \text{ pF / (Pa)}^2$, $A_3 = -2 \text{ pF / (Pa)}^3$, B σταθερά με μονάδες $\text{pF / (}^\circ\text{C)}^2$

α) Να ορίσετε τις ευαισθησίες $\partial C / \partial P$, $\partial C / \partial T$. Που γίνεται μέγιστη η κάθε μία;

β) Με βάση την ευαισθησία, να ορίσετε το μετρητικό πεδίο του αισθητήρα

γ) Προσαρμόζεται δεύτερος πυκνωτής στον αισθητήρα, ο οποίος δεν εξαρτάται από την πίεση. Η χωρητικότητά του δίνεται από τη σχέση:

$$C_2(T) = ET$$

Όπου E σταθερά με μονάδες $\text{pF / (}^\circ\text{C)}$

Να δείξετε ποιοτικά την εξάρτηση των δύο πυκνωτών από τη θερμοκρασία σε ένα διάστημα θερμοκρασιών, έστω $-25 - 100^\circ\text{C}$. Πως μπορεί να μειωθεί η εξάρτηση του σήματος του συνολικού αισθητήρα από τη θερμοκρασία;

α) Με βάση την αρχική εξίσωση (1) ορίζονται:

$$\frac{\partial C_1}{\partial P} = A_1 + 2A_2P + 3A_3P^2 = 12 + 6P - 6P^2 \quad (2) \quad (\text{με μονάδες pF/Pa})$$

Για να βρεθεί το μέγιστο της τελευταίας παράστασης, θα παραγωγίσουμε και πάλι, οπότε:

$$\frac{\partial^2 C_1}{\partial P^2} = 6 - 12P \quad (3)$$

Η τελευταία παράσταση μηδενίζεται στο $P_0 = 0.5 \text{ Pa}$, άρα αυτή είναι η θέση του τοπικού ακρότατου της ευαισθησίας. Για να βρούμε το είδος του ακρότατου, παρατηρούμε ότι η (3) είναι θετική για $P < 0.5 \text{ Pa}$, ενώ γίνεται αρνητική για $P > 0.5 \text{ Pa}$. Άρα στο σημείο $P_0 = 0.5 \text{ Pa}$

παρατηρείται η μέγιστη τιμή της ευαισθησίας. (Η τιμή αυτή η οποία δεν ζητείται στην εκφώνηση, μπορεί εν συνεχεία να υπολογιστεί με αντικατάσταση στην (2)).

Όσον αφορά την ευαισθησία ως προς τη θερμοκρασία, ισχύει

$$\frac{\partial C_1}{\partial T} = 2BT$$

Εδώ παρατηρείται ότι η συνάρτηση αυξάνεται (έστω θετική η σταθερά B) για αυξανόμενες τιμές της θερμοκρασίας, χωρίς προφανές μαθηματικό όριο. Στην πράξη, από μια τιμή και πάνω ο αισθητήρας θα σταματήσει να λειτουργεί (ενώ το πιθανότερο είναι πως πλησιάζοντας την τιμή αυτή της θερμοκρασίας, οι παραπάνω τύποι θα σταματήσουν πλέον να ισχύουν).

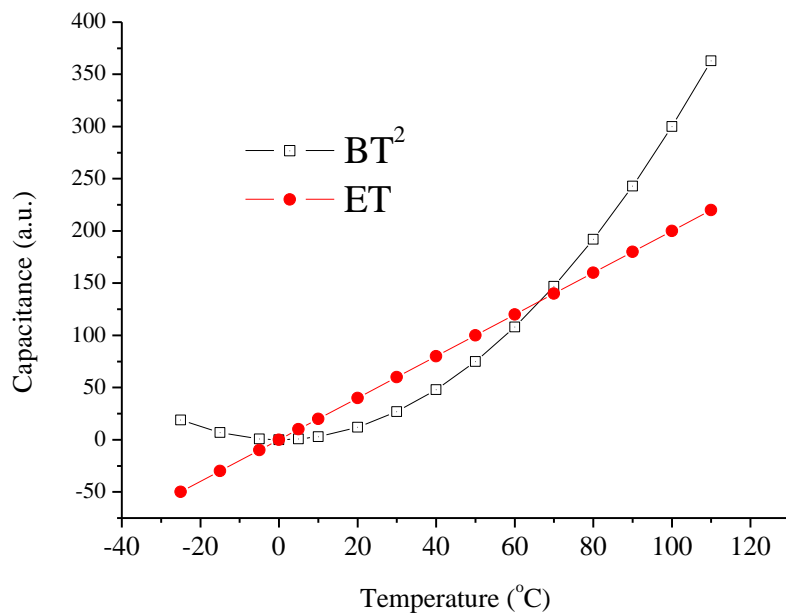
β) Ορίζουμε το μέγιστο του θεωρητικού μετρητικού πεδίου του αισθητήρα ως την τιμή όπου η ευαισθησία παίρνει την τιμή μηδέν. Εκεί δηλαδή όπου ισχύει

$$\frac{\partial C_1}{\partial P} = 0 \Rightarrow -6P^2 + 6P + 12 = 0 \Rightarrow P^2 - P - 2 = 0$$

Οι δύο ρίζες της τελευταίας εξίσωσης είναι 2 Pa και -1 Pa . Προφανώς η αρνητική ρίζα δεν έχει φυσική σημασία (δεν υπάρχουν αρνητικές τιμές πίεσης), οπότε το μετρητικό πεδίο του αισθητήρα είναι από 0 ως 2 Pa .

(...Προφανώς το μετρητικό πεδίο ενός αισθητήρα **πίεσης** ορίζεται με βάση τις τιμές **πίεσης** (!). Η θερμοκρασιακή εξάρτηση είναι ένας ανεπιθύμητος παράγοντας)

γ) Η εξάρτηση της χωρητικότητας C_1 από τη θερμοκρασία είναι δευτέρου βαθμού, ενώ αντίστοιχα η εξάρτηση της χωρητικότητας C_2 είναι πρώτου. Χωρίς να έχουμε τιμές για τις σταθερές B και E , μπορούμε να δώσουμε μια ποιοτική απεικόνιση της χωρητικότητας των δύο πυκνωτών ως συνάρτηση της θερμοκρασίας:



Από εκεί και πέρα, για να ελαχιστοποιηθεί η συνολική εξάρτηση του συστήματος από τη θερμοκρασία, μπορούμε να συνδέσουμε τους δύο πυκνωτές κατά τέτοιο τρόπο ώστε το συνολικό σήμα να προκύπτει από την πρόσθεση των δύο επί μέρους σημάτων. Τότε θα θέλαμε ιδανικά να ισχυε ότι

$$\frac{\partial C_1}{\partial T} = -\frac{\partial C_2}{\partial T} \text{ για όλο το πεδίο θερμοκρασιών.}$$

Κάτι τέτοιο δεν γίνεται να ισχύει από τη στιγμή που οι εξαρτήσεις ως προς τη θερμοκρασία είναι διαφορετικού βαθμού. Οπότε, στην καλύτερη περίπτωση θα θέλαμε να ισχύει ότι η απόλυτη τιμή της διαφοράς των δύο ευαισθησιών να είναι η ελάχιστη:

$$|2BT + E| = \min \text{ στο διάστημα θερμοκρασιών που ενδιαφέρει.}$$

(Εναλλακτικά, αν αντί για πρόσθεση των δύο σημάτων των επί μέρους πυκνωτών, πάρουμε ως τελικό σήμα του συστήματος την αφαίρεση αυτών, τότε προφανώς θα πρέπει να ισχύει

$$|2BT - E| = \min)$$