

Πίνακας 8.1

α/α	ΚΟΠΗ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΤΡΟΠΟΣ ΔΟΝΗΣΗΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ (KHz)	ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΔΗΓΗΣΗΣ (mW) max	C ₀ /C ₁	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
1	Διπλή X+5°	J	Κατά μήκος	0.8~10	0.2	190~250	Χρησιμοποιείται στους ταλαντωτές. Ο σχεδόν μηδενικός θερμοκρασιακός συντελεστής παρατηρείται σε θερμοκρασίες δωματίου. Λειτουργεί εντός κλιβάνου εφοδιασμένου με συστήματα θερμοκρασιακού ελέγχου.
2	XY	Εμπορική ονομασία	Κατά μήκος ή πλάτος	3~50	0.1	600~900	Λειτουργεί εντός κλιβάνου, ειδικά στη βέλτιστη περιοχή συχνοτήτων.
3	NT	N	Κατά μήκος	4~150	0.1	800~1500	Χρησιμοποιείται κυρίως στα φίλτρα και τους ταλαντωτές χαμηλών συχνοτήτων. Λειτουργούν σε ευρεία περιοχή θερμοκρασιών, με σταθερότητα ±5ppm για μεταβολή ±5°C, εφόσον ελέγχεται η περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας. Σε θερμοκρασίες δωματίου μπορεί να λειτουργεί με σταθερότητα ±0.0025% χωρίς θερμοκρασιακό έλεγχο.
4	X+5°	H	Καμπύλος	5~140	0.1	225	Η σχετικά μεγάλη απόκλιση συχνότητας στη περιοχή θερμοκρασιών λειτουργίας, περιορίζουν τις εφαρμογές στα φίλτρα λόγω ελέγχου του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικά του ο μικρός θερμοκρασιακός συντελεστής και ο μεγάλος λόγος αποθήκευσης μηχανικής ενέργειας προς ηλεκτρική ενέργεια. Χρησιμοποιείται στα φίλτρα ευρείας ζώνης και στους ταλαντωτές με Trs, όπου τα δικτυώματα LC δεν έχουν σταθερότητα ή όπου υπάρχει πρόβλημα χώρου. Μειονέκτημά του οι κατασκευαστικές δυσκολίες.
5	BT	B	Κατά πάχος	1~75	-	-	Κατάλληλος για υψηλές συχνότητες. Μειονέκτημά του το μεγάλο πάχος για χαμηλές συχνότητες και οι κατασκευαστικές δυσκολίες. Ο μηδενικός θερμοκρασιακός του συντελεστής συμβαίνει σε μία πολύ μικρή περιοχή θερμοκρασιών. Δεν είναι ενεργή όπως η AT.
6	X-18.5°	F	Επεκτατικός	50~250	-	200	Χρησιμοποιείται κυρίως στα φίλτρα, όπου ο χαμηλός θερμοκρασιακός συντελεστής θυσιάζεται για καλύτερη απόκριση συχνότητας. Κατάλληλος για πολλά ηλεκτρόδια.
7	X+5° ή EN	E	Επεκτατικός	50~250 ή (10~100)MHz στη 3 ^η και 5 ^η αρμ.	2	130~160	Χρησιμοποιείται κυρίως στα φίλτρα χαμηλών συχνοτήτων, επειδή έχει μικρό λόγο C ₀ /C ₁ και μικρό θερμοκρασιακό συντελεστή.

8	DT	D	Γωνιακός	80~500	2	450	Κατάλληλο για εφαρμογές με και χωρίς κλίβανο. Ο σχετικά μικρός λόγος C_0/C_1 επιτρέπει εφαρμογές σε φίλτρα. Χρησιμοποιείται ως κρύσταλλο ρύθμισης και βάσης χρόνου στους απαριθμητές συχνότητας (συχνόμετρα). Επίσης στους πομπούς FM και TV. Μειονέκτημά του η όχι καλή λειτουργία πάνω από τα 500KHz.
9	MT	M	Επεκτατικός	50~250	2	250	Ο μικρός θερμοκρασιακός συντελεστής του επιτρέπει χρήσεις σε ταλαντωτές ελέγχου και φίλτρα, αλλά ο μικρός λόγος C_0/C_1 απαιτεί χαμηλή σύνθετη αντίσταση. Χρησιμοποιείται σπανίως, διότι έχει αντικατασταθεί από άλλους κρυστάλλους.
10	GT	G	Επεκτατικός	85~400	0.1	375	Έχει τη μεγαλύτερη σταθερότητα απ' όλους· δεν μεταβάλλεται περισσότερο από 1ppm για μια περιοχή 100°C. Έχει μικρό θερμοκρασιακό συντελεστή για μια μεγάλη περιοχή συχνοτήτων, σε σύζευξη με ένα άλλο οποιοδήποτε τρόπο δόνησης με σχεδόν ίσο εύρος, σε συχνότητα ίση με 0.86 φορές της φυσικής συχνότητας. Χρησιμοποιείται σε συχνότητες όπου η σταθερότητα χωρίς θερμοκρασιακό έλεγχο ή η χαμηλή σύνθετη αντίσταση είναι αναγκαίες. Μειονέκτημά του το υψηλό κόστος σε σχέση με όλους τους άλλους τύπους, λόγω των κατασκευαστικών δυσκολιών που παρουσιάζει.
11	CT	C	Γωνιακός	100~600 και 300~1100	2	350~400	Έχει σχεδόν μηδενικό θερμοκρασιακό συντελεστή στις χαμηλές συχνότητες. Χρησιμοποιείται στους ταλαντωτές και τα φίλτρα χαμηλών συχνοτήτων και δεν απαιτεί θερμοκρασιακό έλεγχο για λειτουργία του σε αρμονικές. Στα φίλτρα χρησιμοποιείται διότι έχει μικρό λόγο C_0/C_1 και στους ταλαντωτές επειδή έχει μικρή αντίσταση σειράς, ειδικά πάνω από τα 400KHz. Μειονέκτημά τους οι μεγάλες διαστάσεις και συνεπώς η δυσκολία κατασκευής κρυστάλλου για πολύ χαμηλές συχνότητες.
12	X ή Curie	Εμπορική ονομασία	Επεκτατικός	350~20.000	-	-	Οικονομικός και μηχανικά σταθερός τρόπος κοπής. Μειονέκτημά του ο μεγάλος θερμοκρασιακός συντελεστής του, με τάση να "πηδάει" από τον ένα τρόπο δόνησης στον άλλο.
13	SL	Εμπορική ονομασία	Γωνιακός σε σύζευξη με τον καμπύλο.	300~800	-	450	Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά παρόμοια με το DT, αλλά μεγαλύτερο, με υψηλότερο Q και ομοιόμορφα χαρακτηριστικά πάνω από τα 300KHz. Αυτά προσαρμόζονται κατασκευαστικά για κάποιες εφαρμογές φίλτρων.

Πιεζοηλεκτρικοί Κρυστάλλοι

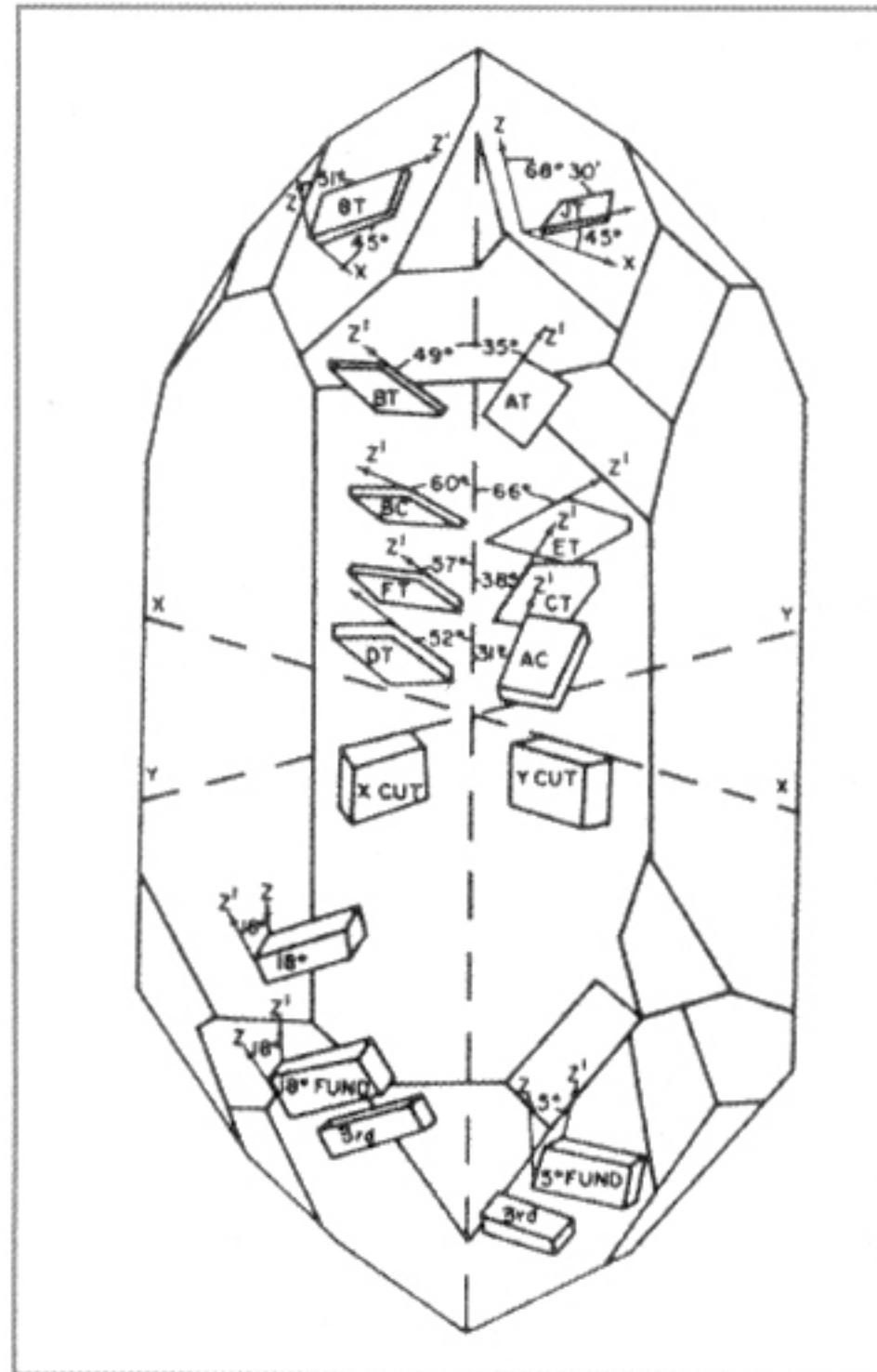
14	Y	Y	Κατά πάχος ή γωνιακός	500~20.000	-	-	Πολύ ενεργό. Έχει μεγάλο λόγο αποθήκευσης μηχανικής προς ηλεκτρική ενέργεια. Μειονέκτημά του ο μεγάλος θερμοκρασιακός συντελεστής, η δύσκολη μηχανοποίηση και το φτωχό φάσμα συχνοτήτων.
15	AT ή Z<φ	A	Κατά πάχος	Θεμελιώδη 550~40.000 3η αρμονική (10~80)MHz 5η αρμονική (55~150)MHz 7η αρμονική (60~200)MHz 9η αρμονική (150~250)MHz	1~8	10~100.000	Εξαιρετικά χαρακτηριστικά θερμοκρασίας και συχνότητας. Στις αρμονικές του χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που η συχνότητα δεν πρέπει να αλλάξει, όταν αλλάζει η αντίδραση του ταλαντωτή. Είναι εφοδιασμένο με ιδιότητες τέτοιες, ώστε να ικανοποιεί το 70~80% των απαιτήσεων σε κρυστάλλους. Προτιμάται στους ταλαντωτές υψηλών συχνοτήτων με έλεγχο, που αντιμετωπίζεται το μεταβαλλόμενο εύρος της θερμοκρασίας. Αυτό διότι το μικρό του μέγεθος ανταποκρίνεται στην αυστηρότητα των προδιαγραφών. Το μειονέκτημά του είναι οι κατασκευαστικές δυσκολίες για βέλτιστη λειτουργία, χωρίς σύζευξη μεταξύ των διαφόρων τρόπων δόνησης.

Υπάρχουν επίσης οι κοπές SC, JT, P.

Η βιομηχανική παραγωγή των κρυστάλλων, για κοπή AT, αλλά και για άλλες κοπές, ως επί το πλείστον, γίνεται με την εξής διαδικασία:

1. Χονδρική κοπή του κρυστάλλου για δεδομένη γωνία κοπής.
2. Κοπή φέτας κρυστάλλου με ειδική γωνία.
3. Μέτρηση της γωνίας, της φέτας αναφοράς, σε μοίρες-λεπτά-δεύτερα, με ακτίνες x για την επιτυχία της ζητούμενης συχνότητας.
4. Εξωτερική επεξεργασία (συνεχές τρίψιμο) για την αποφυγή άλλων τρόπων δόνησης, πλύν του ζητούμενου.
5. Τοποθέτηση μάσκας στη φέτα του κρυστάλλου (της τάξης του 0,1 μm) για την επίτευξη της επιθυμητής συχνότητας (Lapping).
6. Συγκεκριμενοποίηση, στη φέτα, του απαιτούμενου τρόπου δόνησης (Beveling), μόνο για χρήση του κρυστάλλου στις χαμηλές συχνότητες.
7. Απομάκρυνση με χημικό καθαρισμό της μάσκας που δημιουργήθηκε στη φέτα, στα βήματα 5 και 6 (Etching).
8. Κατασκευή ηλεκτροδίων στη φέτα (από Al, Ag, Au...) με εξάχνωση από ειδική μηχανή.
9. Στήριξη της κρυσταλλικής φέτας σε σταθερή βάση, με αγωγίμη εποξική κόλλα ή αγωγίμο τσιμέντο.
10. Τοποθέτηση επιπλέον υλικού ηλεκτροδίου, στο βασικό ηλεκτρόδιο, για τη μικρομετρική ρύθμιση της συχνότητας του κρυστάλλου στην περιοχή συχνοτήτων συντονισμού.
11. Σφράγισμα – μηχανικά – του κρυστάλλου με βάση του, σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία και περιβάλλον N και Ar για την αποφυγή οξειδωσής του στο μέλλον.
12. Τελικός έλεγχος.
13. Αποτύπωση των στοιχείων στο περίβλημα του εξαρτήματος.

Σχήμα 8.3

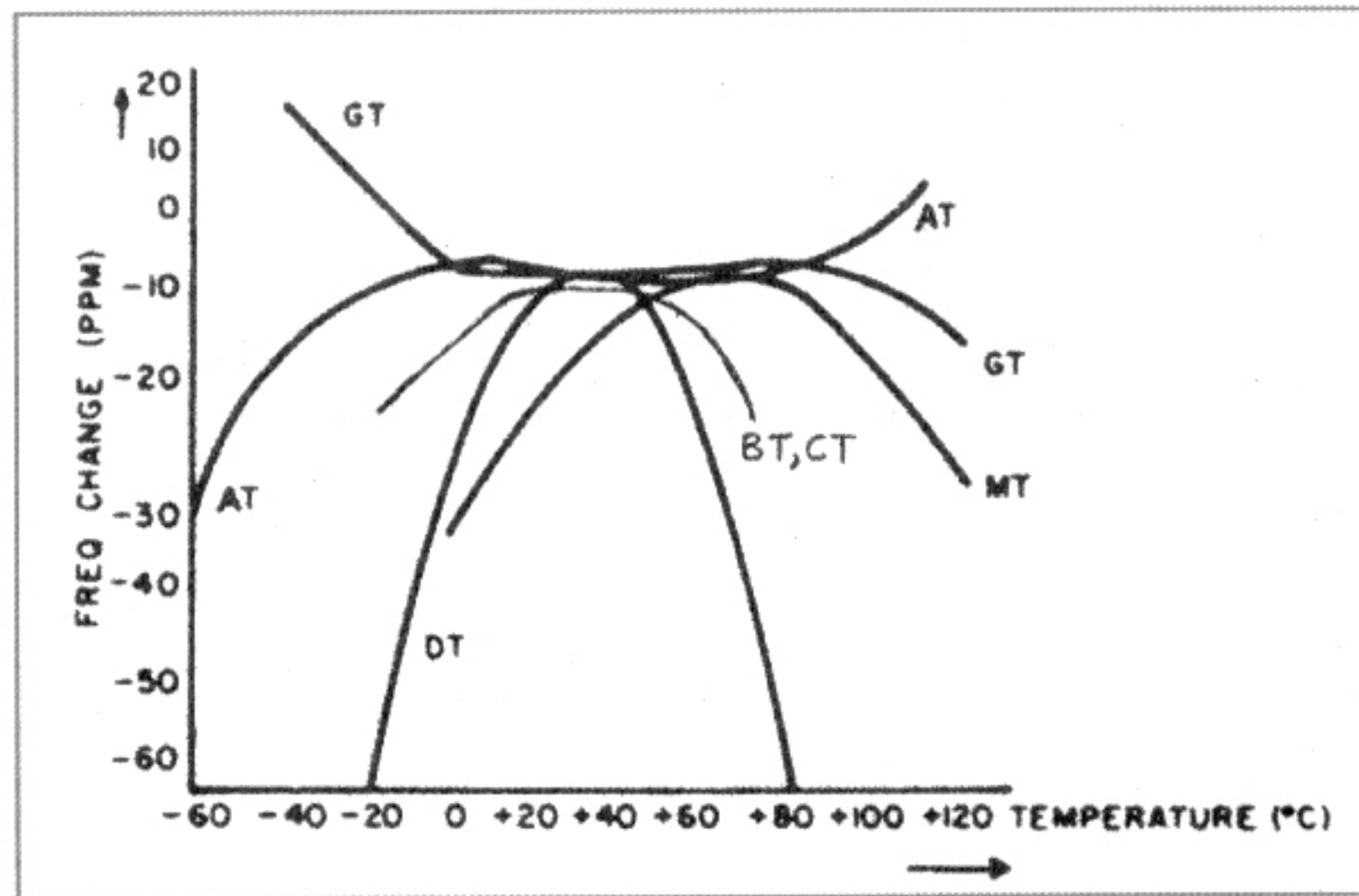


Οι κρύσταλλοι εργάζονται στη θεμελιώδη συχνότητα, αλλά και στις αρμονικές της, οι οποίες βέβαια δεν είναι ακέραια πολλαπλάσια αυτής, βρίσκονται όμως πολύ κοντά σ' αυτά.

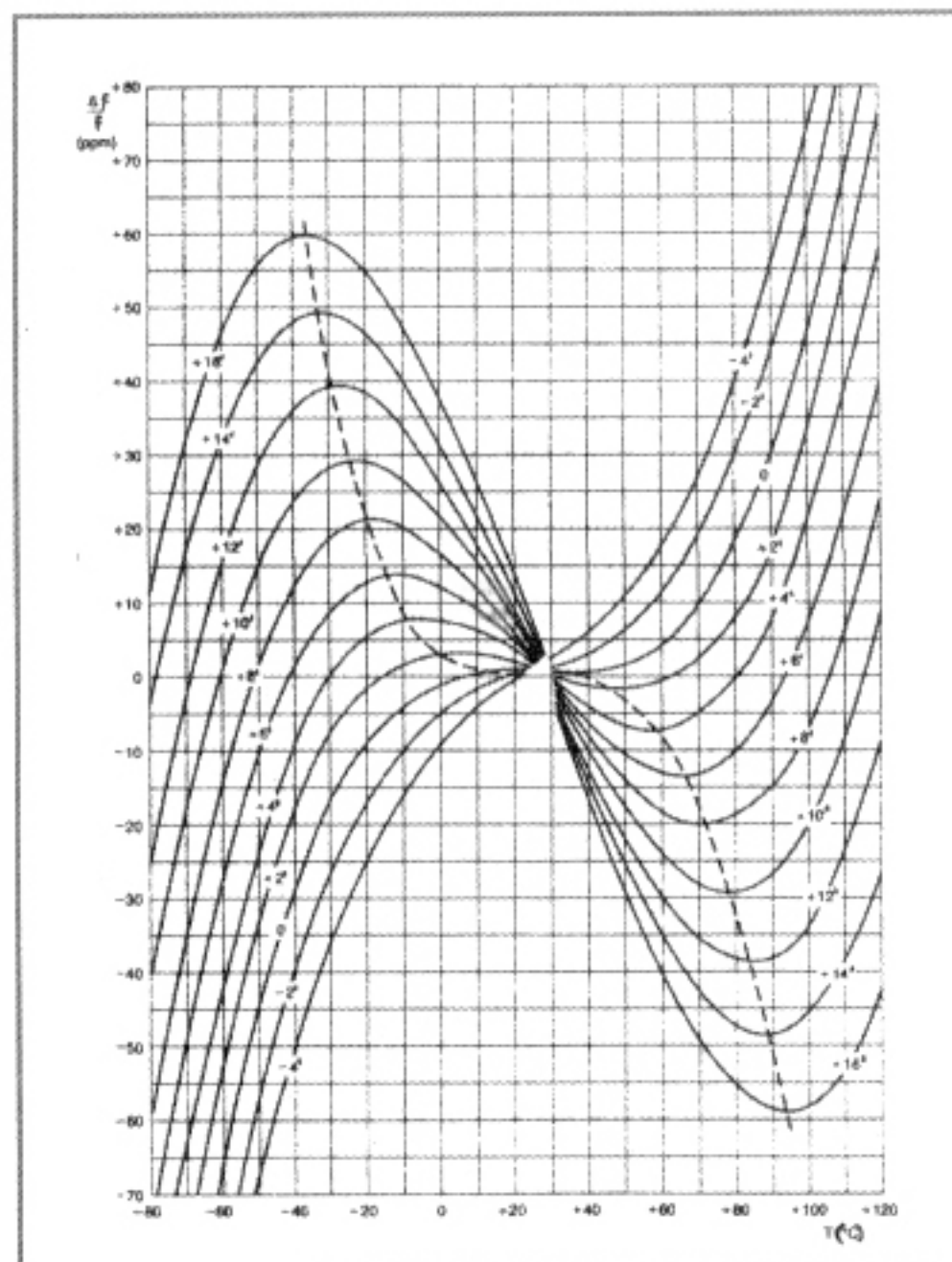
Η θερμοκρασία επιδρά και αλλοιώνει την πυκνότητα, τις διαστάσεις και το μέτρο ελαστικότητας Y^E του κρυστάλλου. Επειδή οι ελαστικές σταθερές του κρυστάλλου είναι άλλες θετικές και άλλες αρνητικές (δες κεφ.7), ο θερμοκρασιακός συντελεστής μεταβολής της συχνότητας μπορεί να είναι θετικός, μηδενικός ή αρνητικός, ανάλογα με τον τρόπο κοπής, τον τρόπο ταλάντωσης και το σχήμα των επιφανειών τερματισμού. Στο σχ. 8.4α δίνεται η μεταβολή συχνότητας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία για διάφορους τρόπους κοπής, ενώ στο σχ. 8.4β δίνεται η μεταβολή $\Delta f/f$ σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία για κοπή AT και διάφορες γωνίες κοπής. Όταν απαιτείται σταθερή συχνότητα λειτουργίας, ο κρύσταλλος τοποθετείται σε ελεγχόμενο θερμοκρασιακά φούρνο. Ακόμη, ο κρύσταλλος εμπεριέχεται σε κάψουλα με κενό αέρος ή αδρανές αέριο, για την αποφυγή οξειδωσης και απωλειών από τη δημιουργία υπερήχων μέσα στον αέρα. Ορισμένες κοπές δυνατόν να προβλεφθούν με διάκενο αέρα, η ρύθμιση του οποίου επιτρέπει μικρή

μεταβολή της συχνότητας. Στα σχ. 8.5α.β παρουσιάζονται δύο διαφορετικές συνδεσμολογίες κρυστάλλου χαλαζία.

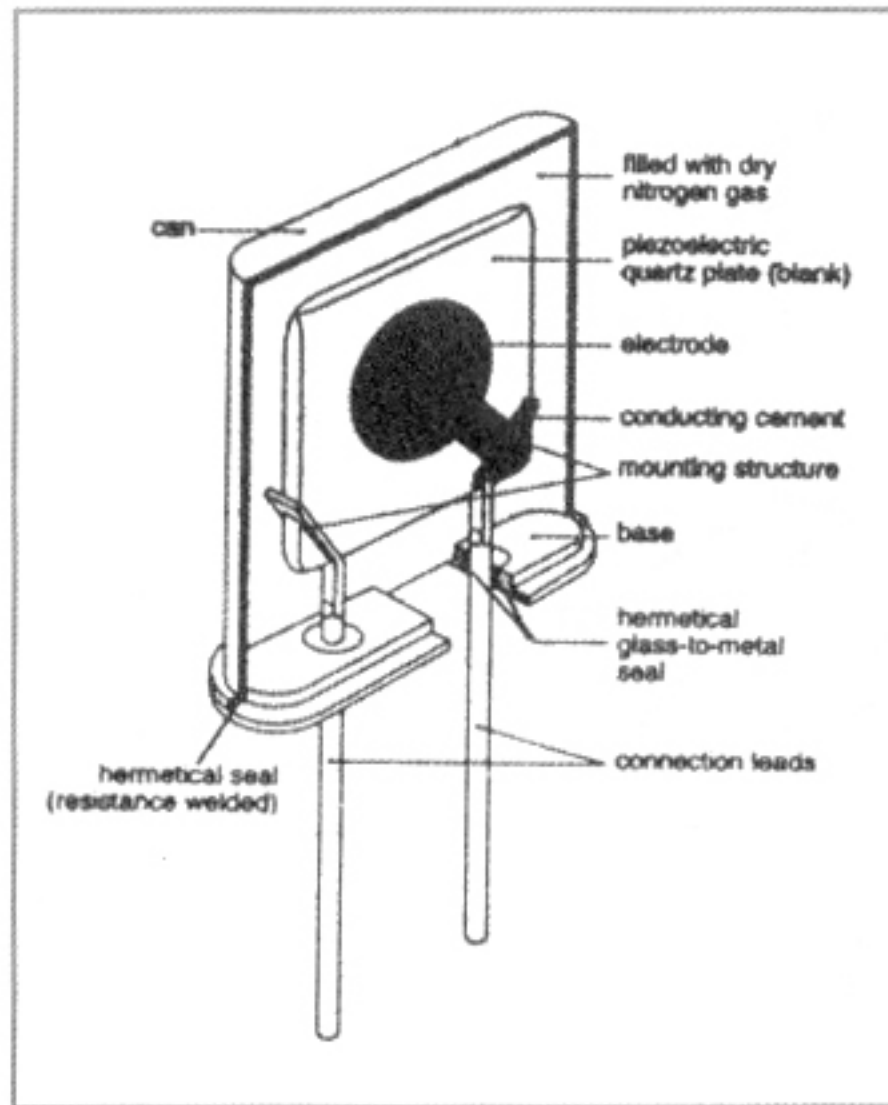
Σχήμα 8.4α



Σχήμα 8.4β



Σχήμα 8.5α



Σχήμα 8.5β

