

# 水晶の弾性定数の温度係数\*

會員 古賀逸策 會員 高木昇

(東京工業大學電氣工學科)

筆者は本誌十月號速報に於て、電氣軸に平行な板面を有する薄板状水晶振動子の厚味振動は、主振動で、周波数は(第一圖)

$$f = \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{c}{\rho}}, \quad c = c_{66} \sin^2 \theta + c_{44} \cos^2 \theta + c_{14} \sin 2\theta \quad (1)$$

で與へらるゝ事、従つて周波数の温度係数も、 $\theta$  に伴ひ連続的に變化する筈であるとの見地から、實驗的に得た値を報告すると共に、更に進んで、斷熱彈性定数  $c_{11}$ ,  $c_{12}$  等の温度係数をも求め得る事に言及して置いたが、本稿はその方法及結果を報告せんとするものである。先づ前記周波数  $f$  の温度  $T$  による變化は

$$2 \frac{1}{f} \frac{\partial f}{\partial T} = \frac{1}{c} \frac{\partial c}{\partial T} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} - 2 \frac{1}{a} \frac{\partial a}{\partial T} \quad (2)$$

であるが、密度  $\rho$  及任意の方向(方向餘弦  $l, m, n$ ) へとつた長さ  $a$  の線膨脹係数は、座標軸の方向の線膨脹係数で表すと、

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial T} = \frac{1}{x} \frac{\partial x}{\partial T} + \frac{1}{y} \frac{\partial y}{\partial T} + \frac{1}{z} \frac{\partial z}{\partial T} \quad (3)$$

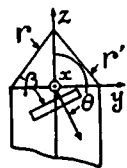
$$\frac{1}{a} \frac{\partial a}{\partial T} = l^2 \frac{1}{x} \frac{\partial x}{\partial T} + m^2 \frac{1}{y} \frac{\partial y}{\partial T} + n^2 \frac{1}{z} \frac{\partial z}{\partial T} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{x} \frac{\partial x}{\partial T} &= \frac{1}{y} \frac{\partial y}{\partial T} = 13.7 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \\ \frac{1}{z} \frac{\partial z}{\partial T} &= 7.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(G. W. C. Kaye & T. H. Laby: Physical and Chemical Constants, p. 56) であるから、結局(2)式は次の様になる。

$$2 \frac{1}{f} \frac{\partial f}{\partial T} = \frac{1}{c} \frac{\partial c}{\partial T} + (7.5 + 12.4 \times \cos^2 \theta) \times 10^{-6} \quad (6)$$

而して  $\theta = 140^\circ$  附近(板面の  $x$  軸との傾斜は  $0.5'$  以内)及  $\theta = 90^\circ$  ( $Y$ -cut 振動子、板面への法線と  $y$  軸との傾斜は  $0.5'$  以内)に於ける周波数の温度係数を入念に測定した結果、第一表及第二圖に



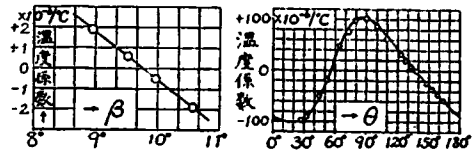
第一圖

$\alpha$	$\theta$	寸法	周波数	温度係数
-38° 13'	90° 00'	4.99 × 21.7 × 27.0	3 925.6	+103
-38° 13'	90° 00'	5.74 × 21.1 × 26.3	3 396.7	+103
-38° 13'	90° 00'	7.16 × 26.6 × 26.7	2 727.0	+103
8° 57'	137° 10'	5.41 × 25.8 × 29.6	4 661.9	+1.9
9° 31'	137° 44'	5.42 × 22.2 × 28.3	4 654.6	+0.6
9° 58'	138° 11'	4.95 × 25.9 × 30.1	5 088.3	-0.5
10° 34'	138° 47'	5.42 × 25.0 × 29.2	4 653.6	-1.9

板面の短邊は電氣軸に平行。周波数は  $21^\circ\text{C}$  で測定。

示す値を得た。 $Y$ -cut 振動子の温度係数は板の厚さが減少するに従ひ次第に増加して表記の値に落付く。又  $\theta = 140^\circ$  附近に於ける温度係数は特に約  $47.5^\circ\text{C}$  に於ける値をとつたが、これ等に関する詳細の事情は他日の問題としたい。

更に角第二圖を見ると  $\beta = 9^\circ 40'$  即ち  $\theta = 137^\circ 59'$  及十月號速報により  $\theta = 54^\circ 45'$  で何れも周波数の温度係数は零で、 $\theta = 90^\circ$  に於ては  $103 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  であるから、これ等を(6)式に代入すれば、



第二圖 第三圖

$$0 = \left( \frac{1}{c} \frac{\partial c}{\partial T} \right)_{137^\circ 59'} + (7.5 + 12.4 \times \cos^2 137^\circ 59') \times 10^{-6} \quad (7)$$

$$0 = \left( \frac{1}{c} \frac{\partial c}{\partial T} \right)_{54^\circ 45'} + (7.5 + 12.4 \times \cos^2 54^\circ 45') \times 10^{-6} \quad (8)$$

$$2 \times 103 \times 10^{-6} = \left( \frac{1}{c} \frac{\partial c}{\partial T} \right)_{90^\circ} + 7.5 \times 10^{-6} \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{尚 } c_{66} &= \frac{1}{2}(c_{11} - c_{12}) = \frac{1}{2}(85.45 - 7.26) \times 10^{10} \text{ dynes/cm}^2 \\ c_{44} &= 57.09 \times 10^{10} \text{ dynes/cm}^2 \\ c_{14} &= -16.87 \times 10^{10} \text{ dynes/cm}^2 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

を用ふれば、先づ(9)(1)(10)式から

$$\left. \begin{aligned} \left( \frac{1}{c} \frac{\partial c}{\partial T} \right)_{90^\circ} &= \frac{1}{c_{66}} \frac{\partial c_{66}}{\partial T} = +199 \times 10^{-6} \\ \frac{\partial c_{66}}{\partial T} &= +77.8 \times 10^{-6} \end{aligned} \right\} \quad \text{Typo: } +77.8 \times 10^6 \quad (11)$$

$$\text{又 } \frac{\partial c}{\partial T} = \sin^2 \theta \frac{\partial c_{66}}{\partial T} + \cos^2 \theta \frac{\partial c_{44}}{\partial T} + \sin 2\theta \frac{\partial c_{14}}{\partial T} \quad (12)$$

である事は無論であるから、これと(7)(8)(10)(11)式とから

$$\frac{\partial c_{44}}{\partial T} = -113.5 \times 10^{-6}, \quad \frac{1}{c_{44}} \frac{\partial c_{44}}{\partial T} = -199 \times 10^{-6} \quad (13)$$

$$\frac{\partial c_{14}}{\partial T} = -18.5 \times 10^{-6}, \quad \frac{1}{c_{14}} \frac{\partial c_{14}}{\partial T} = +110 \times 10^{-6} \quad (14)$$

一旦斯様に斷熱彈性定数の温度係数が出れば、今度は逆に  $\theta$  の變化に伴ふ固有周波数の温度係数を求める事が出来る譯である。第三圖の曲線は(1)(6)(11)(13)(14)式から計算した結果を表したもので、曲線の附近に點在して居る小圓は、十月號で報告した實測値であるが、兩者が如何によく一致して居るかは一見して明である。

尚  $c_{66} = \frac{1}{2}(c_{11} - c_{12})$  に於ける  $c_{11}$  の温度係数は、 $X$ -cut 振動子の温度係数を測定すれば決定出来る。さうすると  $c_{12}$  の温度係数も序にわかる譯であるが、これ等は追て發表する考である。

(昭和八年十一月三十日受付)

\* Temperature Coefficients of Elastic Constants of Quartz, By Issac KOGA, Member and Noboru TAKAGI, Member. (Tokyo University of Engineering.)

衝撃火花電壓に対する照射の影響	會員 山下 英 男 (12月, 1140)
	會員 近 藤 晴 男
水晶の弾性定数の温度係数	會員 古 賀 逸 策 (12月, 1141)
	會員 高 木 昇

ニ ュ ー ス

2月..... 159	6月..... 522	11月..... 1063
3月..... 261	7月..... 613	12月..... 1142
4月..... 360	9月..... 819	
5月..... 419	10月..... 941	

其 他

會 長 演 説	會長 荒 川 文 六 (3月, 163)
第八回聯合大會講演内容梗概	(6月, 495)
応用力学用語集	(7月, 619)
火力発電所用記號	(7月, 623)
東京支部第二回特別講演會講演豫稿	(10月, 913)

正 誤 表

空氣中に於ける火花放電の理論.....(1月, 74)	定在正弦波電流分布を有する任意長直線狀導線間の相互輻射インピーダンスの一般式.....(9月, 756)
顕微鏡法による電氣泳動度測定に對する一考察.....(2月, 122)	電氣鐵道用電動機の温度上昇に就いて.....(10月, 859)
消弧線輪補償送電線の斷線障害選擇保護法.....(2月, 158)	電車、電氣機關車用電動機の容量撰定に就いて.....(10月, 859)
一般送電系統に於ける過渡安定度に就いて.....(2月, 158)	交流可熔遮斷器充填物の消弧力.....(10月, 899)
計器用變成器を並用せる交流ブリッジ並に交流ブリヂ各要素の特性に就て.....(3月, 169)	直流コロナ放電に依つて誘起される導線の機械的振動.....(10月, 912)
汽力を補助とする水力発電所の標準使用水量に關する經濟的研究.....(4月, 325)	交流コロナ放電に伴ふ導線の機械的振動.....(10月, 912)
セレニウム整流器に就いて.....(4月, 353)	調速機の動作が送電系統の過渡安定度に及ぼす影響に就いて.....(11月, 1019)
パンタグラフ摺板の耗り方に就て.....(6月, 464)	製紙機の電動機運轉.....(12月, 1087)
内部グリッド・ダイナトロン及び複合ダイナトロンの實驗並に理論.....(9月, 725)	飽和曲線、ヒステリシス環線の實驗式に就いて.....(12月, 1110)
揚水式水力発電所に關する經濟的研究.....(9月, 745)	磁歪定数の一決定法並に磁歪共振子の動時インピーダンスに就て.....(12月, 1115)
電氣自動車運轉に關する二三の考察.....(9月, 745)	

著 者 索 引

〔(討)は質疑討論、(專)は専門講習會講演、(綜)は綜合報告、(大)は聯合大會豫稿、(速)は研究速報〕

ア	〃 (大).....(154)	淺 田 常三郎 .....(2月, 118)
阿 部 清(大).....(55)	安 藤 弘 平(大).....(217)	〃 .....(5月, 381)
足 達 盛 義(大).....(56)	相 川 孝 雄(大).....(82)	〃 .....(8月, 680)
〃 (大).....(57)	〃 (大).....(83)	淺 見 義 弘 .....(1月, 27)
安 威 周 利(速).....(3月, 257)	青 木 楠 男 .....(4月, 287)	〃 .....(6月, 489)
安 宅 彦三郎 .....(4月, 281)	青 木 敏 男(大).....(32)	〃 .....(11月, 1000)
〃 .....(7月, 556)	青 柳 健 次 .....(8月, 654)	〃 (速).....(1月, 83)
〃 (速).....(5月, 413)	秋 山 守 雄(大).....(188)	〃 (速).....(4月, 357)
〃 (速).....(5月, 414)	淺 井 光 枝(大).....(213)	〃 (速).....(5月, 417)
〃 (速).....(10月, 936)	淺 木 勇 .....(10月, 888)	雨 宮 秀 吉(速).....(1月, 80)

# 電氣學會雜誌

---

第五三卷第一二冊

昭和八年十二月

第五四五號

---

---

資 料

---