

R-cut 水晶振動子と高調波發振子

古 賀 逸 策

(東京工業大學電氣工學科)

第二回工學會大會電氣部會講演豫稿掲載

昭和七年四月

102. R-cut 水晶振動子と高調波發振子*

古 賀 逸 策 (東京工業大學電氣工學科)

1. 緒言 水晶振動子が實用上要求されて居る條件は、真空管と結びつけて、發振器として用ひた場合、起動容易である事、振動強勢である事、容易に停止しない事、振動周波数の温度係数の小さい事、取扱上特種の技能を必要としない事、波長定數のなるべく小さい事等であらう。此中最後の條件は、同じ波長に對し振動子の寸法が大きくなるから、短波長用の振動子等の様に、取扱の際破損し易いものには特に望ましいばかりでなく、製作の便宜上から云つても必要な事である。尙製作上の問題としては、なるべく手数のかゝらない様な截方にと云ふ事も、中々重要な點である。此處に紹介せんとする新しい截方の水晶振動子は、上述の要求を殆ど總て或程度迄満足し得たものと考へる。

2. R-cut 水晶振動子の截方 天産水晶の結晶形は第一圖の如きものであるが、圖中に r と記した面は最もよく發達し、光澤も強い。又水晶の分子構造から云へば、此面は分子密度の最も大きい面で、弗化水素で腐蝕せしめる場合には最も抵抗力が強い。斯様に特に著しい性質を澤山持つて居る自然の面は、振動子に向つても何物かを暗示して居るのではないかと思はれてならない。

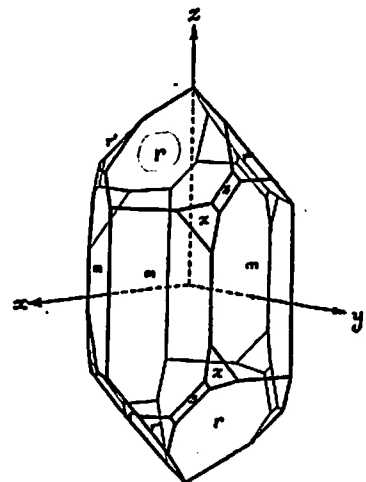
元來水晶振動子なるものは、其壓電氣現象の媒介によつて、振動子固有の周期を以て振動するものであるから、壓電氣的效果の著しい方位に截られた振動子程、電氣的に勵振せしめるには都合が良い筈である。即ち良い振動子が得られそうに思はれる。然し一面から見ると、此振動子は非常に短い周期の振動體であるから、

振動を容易ならしめるには、その減衰率の小さいと云ふ事は極めて大切な事である。そこでこの電氣的勵振作用と、振動の減衰率の兩點から綜合的に見て、最も良い方位の截方ばどんなものであるかと云ふ事は、中々一朝一夕に決定出來ない事である。故に吾々は他の種々な物理的性質から類推して、良さそうに思はれる方位に就て、一々實際的に結果を調

べるより外に方法はないと思ふ。此様に考へて見れば先づ第一に手を着けて見たいのは、何と云つても前述の r 面に平行な方位であらう。そこで此 r 面に平行に截取つて薄板狀水晶振動子を作つて見ると、其結果は次節に述べる様に、全く驚くべき成績を示した。吾々は便宜上此振動子を R-cut 水晶振動子と呼ぶ事にする。

3. R-cut 水晶振動子の特徵

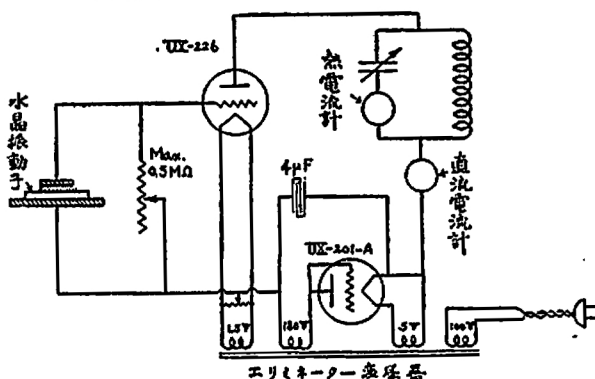
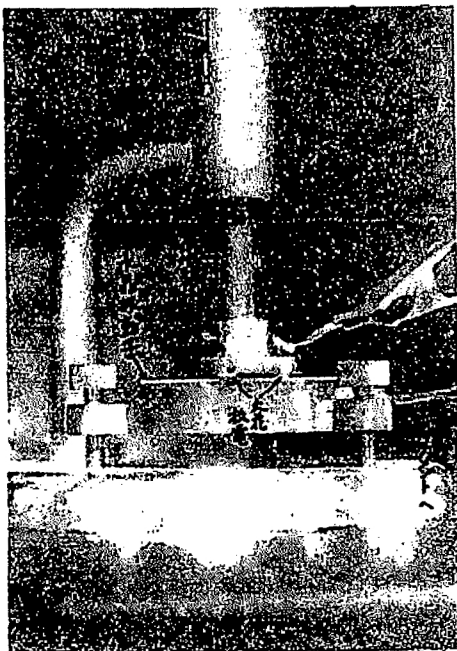
(a) 發振容易で且振動が強勢である。水晶振動子を發振子とし



第一圖

て用ふる場合には、これを汚さない様にするとか、甚だしい湿気に曝されない様にするとか、振動子を挟む電極板は振動子に機械的不都合を生じない範囲で出来る限り接近せしむる等、種々な注意と技巧とを要した事は周知の通りである。所が R-cut 振動子に於ては、手垢等で相當汚れて居ても、電極板と振動子との間に相當大きい空気間隙があつても、一向平氣であつて、例へば振動子を仕上げる際に用ふるカーボランダム粉末を十分洗ひ落さず、只布片等で表面を拭ふ位で發振には差支ない。こんな位であるから、發振器から得られる出力は、従来の振動子と餘程著しい懸隔を持つて居る事は云ふ迄もなく、従つて使用中偶發的に振動子が停止する様な惧がないばかりか、振動中に振動子を指で摘んで動かしても、差支ない位である。

振動が非常に強い事を立證する今一つの材料として、空気間隙を適當に大きくすると、振動子の表面と電極板との間に烈しい火



第二圖

花放電を生ずる事實を擧げる事が出来る。第二圖はその發振器の接続と、振動子保持器の要部を示す寫眞であるが、發振器は最も普通に用ひられて居る所の Pierce 氏回路に外ならない。

(b) 温度係数が割合に小さい。水晶發振器は、元來周波数の變動が極めて少ないと云ふ唯一の特徴があるだけで賞用されて來たが、今日では周波数の不變性に対する要求が一層鋭敏となり、振動子の固有周波数の温度による影響さへも考へ入れなければなら

なくなつた事は御承知の通りである。これに對して實際上的手段としては、振動子を恒温槽中で用ふると云ふ事も相當行はれて居るが、同時に振動子そのものの周波数が、温度の影響をなるべく受けない様に工夫する事も中々研究されて居る。(Marrison, 跡波, 松村, 古賀等) 所が此等温度の影響の少い振動子は、その發振の容易さに於て未だ必ずしも樂觀出来ない状態に在る。然るに R-cut 振動子に於ては、前述の様に振動が強勢であるばかりでなく、温度の影響も相當少い事が認められた。これはこの振動子を 45°C の恒温槽中で或所望の周波数になる様に製作する爲、豫め振動子の温度係数を測定した際に得られた副産物で、その結果は次の如きものである。

振動子の寸法(mm)	振動周波数(kc)	周波数の温度係数
0.740 × 23.0 × 31.0	3350	$3.3 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$
0.740 × 25.0 × 29.5	3348	$1.2 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$

斯様な温度係数は、振動子の寸法の釣合を種々に變化すれば、一層小さくし得る見込で目下試験中である。

(c) 波長定数が割合に小さい。一般に振動子は縦振動よりも横振動の方が、空氣或は電極板への勢力の吸收が少ないから、發振せしめ易い。然し例へば y 軸(第一圖)に垂直な面で截取つた所謂 Y-cut の振動子に於ては、その波長定数、即ちその振動周波数に相當する電波長(米)と振動子の厚さ(耗)との比は 150 以上で、相當大きい。従つて短波長用振動子に於ては、同一電波長のものに對し非常に薄くしなければならないから、取扱上餘程注意しなければ破損する惧がある。R-cut 振動子に於ては、基礎振動に對し波長定数約 120 で、此點も大變都合がよい。

(d) 製作が容易である。前項の様に與へられた電波長に對し割合に厚い振動子で間に合ふから、振動子の厚さを到る所一様にする仕事が非常に樂になる。その上水晶では、原石に於ての r の面が十分大きく而も完全に發達して居る場合が多いから、この面を頼りに製作すれば、X 線分光器等によらなくても、随分精密に方位を決定する事が出来る。従つて製品に不備を生ずる危険率が少ない。

(e) 發振子として高周波振動を生ぜしめ得る。今日迄の所では、發振子としての振動子には、厚味の高調波振動を期待する事は、全然問題とされて居なかつた。従つて非常に短い電波長の振動電流を得るには、先づ振動子の厚味の基礎振動を用ひて、あまり短くない電波長の水晶發振器を作り、その電流の高調波を選択増幅する手段に出て居つた。所が R-cut の振動子では、厚味振動に於て極めて強勢な第三高調波の振動を生ぜしむる事も出来る。即ち第二圖の如き接続で、プレート回路を、振動子の厚味振動の第三高調波に相當する電波長よりも僅短い位に調整すると、その電波長の振動電流のみを強力に發生し、而も振動子の基礎周波数に相當する振動電流は全然發生しない。今その二三の例を擧げると次の通りである。

寸法(耗)	1.861 × 27.2 × 30.0	1.563 × 24.9 × 28.1	1.150 × 21.5 × 26.9
電波長(米)	75	63	46

この結果から波長定数を計算すると、約 40 と云ふ従来の振動子とは格段の懸隔ある値になるから、斯様な現象を巧に利用すれば水晶振動子を以て直接に制御し得る發振器の電波長は、今日の限度を遙に突破する事も不可能ではあるまい。

4. 結論 水晶の正主後面(第一圖中に r と記した面)に平行な二面で截取つて得た薄板狀水晶振動子は、水晶發振器に用ひた

場合に、その起動極めて容易で、且振動強勢であるのみならず、温度による影響も従来實用に供せられて居た振動子より少く、又波長定数があまり大きくならないから、割合に厚い振動子で短い電波長の振動電流が得られ、殊に今日迄全然期待されて居なかつ

た發振子としての高調波振動を強勢に發生せしめる事が出来るから、製作はもとより、使用上極めて便利なるものである。

講演後第 8 節 (a), (e) 等の事項に就ては實演をも行ふ豫定である。(終り)

* 本研究に對しては株式會社明電舎及日本無線電信株式會社から種々の御好意を寄せられた事を深謝する。

† 日本無線電信株式會社藤倉啓次郎氏の御好意による。
