

474

장 파 대 X-TAL 발 진 자 (50-100 KHz)
에 대 한 연 구

교 정 제

목 차

1. 서론	205
2. 기본 원리 및 특성	206
1) $+5^{\circ} \times -$ Cut의 제원	207
2) 진동 Mode	207
3) 온도 특성	210
4) 부진동	213
3. 장파대 X-TAL 발진자의 종류	214
1) 절단 방향에 대한 구분	214
2) 진동자태에 의한 구분	215
3) 지지 방식에 의한 구분	216
4. 설계	218
1) 65 KHz 설계	219
2) 80 KHz 설계	220
3) 95 KHz 설계	220
5. 제작 과정	222
1) 광위각 측정과 절단	222
2) X-Ray check	224
3) 연마(Lapping)	227
4) 화학 처리 및 세척	229
5) Spotting	231

6) 중착	232
7) gas 주입 및 Sealing	232
8) 검사	232
6 . 시작품과 의 국제품과의 특성 비교	234
7 . 결론	237
<참고 문헌>	

통신기 정	오수환
통신기 좌	이천중
전송기 사보	이광표

1. 서 론

통신량의 증가에 따른 전파 이용의 급증과 무선 Spectrum의 가장 효율적인 이용을 위한 전파의 질 확보와 원활한 이용을 위하여 수정 진동자의 급준한 선택성을 이공한 100 KHz 이하의 수정 발진자를 개발하여 국내 생산을 가능토록 하여 유무선 통신 기기의 발진자 및 공진자로 사용토록 한다.

2. 기본 원리 및 특성

수정의 진동은 탄성체의 진동이며 그 크기는 탄성율, 밀도에 의하여 정하여 고유 진동수(주파수)를 갖는 일반 수정의 진동은 손실이 적다. 따라서 고유 주파수는 대단히 안정하다. 또 수정은 압전기 결정체이며 자력이 함유하여 외율(distortion)이 발생하면 어느 한 방향으로 전기 편극이 생기어 반대로 전계를 가하면 외율이 나타나며 자력을 발생한다. 즉 수정은 압전기 효과 또는 압전기 역효과를 가지며 또 이러한 수정을 전기회로의 소자로서 사용하면 전기회로에 사용하는 수정은 수정 원석으로부터 소정의 방위로 절단된다. 아래 그림 1은 대표적인 절단 방위를 말한다.

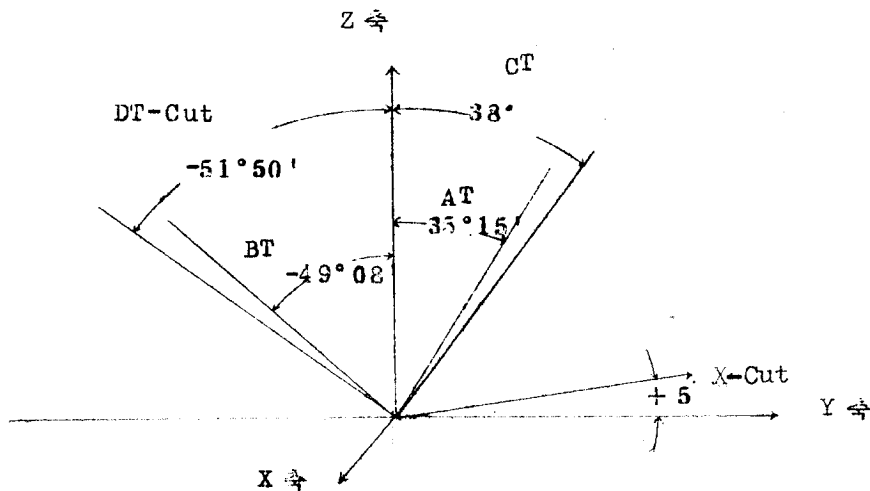


그림 1. 절단 방위

그림 1에서 수정의 정점을 통하는 축을 Z축(광축)이라고 하며 이축에 수직인 평면내에 존재하는 축을 X축(전기축)이라 한다. X축및 Z축에 직각을 갖는축을 Y축(기계축)이라고 한다.

수정편은 그 절단 방위에 의하여 여러 가지의 진동 Mode를 가지며 또 하나의 수정편에 있어서도 그 진동 방정식의 해명은 무한개 있으며 무한개의 진동 Mode로 진동할 가능성이 있다. 또한 전기회로로 부터 수정편에 전계를 가하기 위한 또 수정의 절그러짐에 의하여, 발생한 전기 편극에 의한 전압을 전기회로에 갖기 위한 전극의 수정편에의 부위나 여상에 의하여 다른 진동 Mode를 갖게 할수 있다. 따라서 수정 진동자 설계시에는 사용 목적, 사용 주파수대, 온도 변화에 수반하여 주파수 변화의 허용치, 동가 회로의 정수등에 적합하게끔 절단방위, 수정편의 형상, 진동 Mode를 결정하고 설계를 하여야 한다.

1) $+5^\circ X$ -cut의 세원

①절단 Angle ; $+5^\circ X$

②진동자대 ; 종진동

③주파수 범위 ; 50 - 300 KHz

④주파수 정수 ; $f = Kf / L$

⑤형상 ; 새장판

2) 진동 Mode

일반적으로 수정 진동자로 사용되는 것의 진동 Mode은 수정 원석으로 부터 소정의 방위로 절단이 된다.

절단 Angle에 따라 주파수대 및 주파수 정수가 다르며 이들의 진동, Mode도 다르다. 통상 수정의 진동 Mode은 4종류로 분류된다. 장파대에서 주로 사용되는 종진동과 끝꼭진동에 대해서 하기하면 다음과 같다.

① 종진동

장방향 X판의 윤곽진동 중에서 그림 2 (b) 와 같이 Y_0 (장변 방향) 가 Z_0 (단변 방향) 에 비해서 충분히 클때 Y_0 방향이 신축하는 진동을 종진동 또는 장변진동이라고 한다.

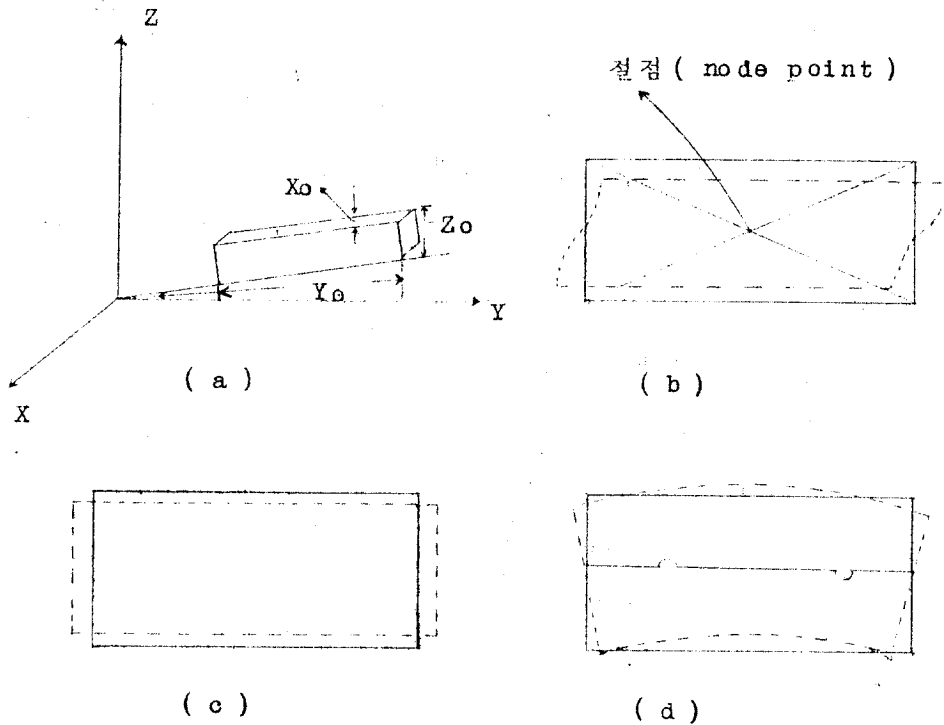


그림 2. 진동 Mode

종진동은 그림 2의 (a)와 같이 X, Z 방향에 전계를 가하여
 여진 시키면 Y, Z변의 변위가 그림과 같이 되는 것을 종진동
 이라고 한다. 종진동자는 그림 2. (b)와 같은 진동 Mode를
 가지며 X 절단면에 속하는 것이며 -18.5° X-Cut, $+2^\circ$ X-
 Cut, $+5^\circ$ X-Cut 등이 있다. 그림 C는 -18.5° X-Cut 수정
 진동자의 진동 Mode를 표시한 것이며 (b)에서 표시하는 $+5^\circ$
 혹은 $+2^\circ$ X-Cut에 비하여 그 진동 Mode가 단밀하며 부공진
 특성에 대하여 유리하나 주파수 온도 특성이 좋지 못함으로 일
 반적으로 사용하지 않는다.

② 굴곡 진동

굴곡 진동자는 그림 2의 (d)와 같은 형상과 진동 Mode를 가
 지며 수정편을 종방향에 2등분 하는것이 전극이 된다. 그래서
 각각 상하의 전극에 서로 역방향의 전계를 가함에 따라 2등분
 된 한쪽의 수정편이 늘어남에 따라 다른쪽이 줄어들어 굴곡 진
 동을 일으킨다. 즉 종진동을 이용하여 그 전극 배치에 의하여
 굴곡 진동을 일으키는 것으로서 절단 방위에 의하여 $+2^\circ$ X절
 단, $+5^\circ$ X절단, MT-Cut, NT-Cut등이 있으며 어느것이든
 X-Cut 계에 속하는 것이다.

이 진동 Mode의 절점 (node point)은 수정편의 양단으로
 부터 0.224ℓ (ℓ = 수정의 전장)의 근처에 있으며 지지선은
 이근처에 부착한다. 이중 발진 주파수가 저주파수에 속하는 수
 정 진동자는 주위의 공기 혹은 불순물등에 의한 영향이 크므로

일반으로 특수한것으로 봉지후 유리중에 진공 투입 시킨다.

3) 온도 특성

수정 진동자의 온도 변화에 수반하여 변동 하는것은 공진 주파수외에 Q가 있다. 온도 변화에 따라 저항의 변화는 수진동과 그외의 진동 Mode에 기인하며 수진동과의 결합을 제외하면 수정의 내부손실 또는 기압등에 의한 변화분은 적고 일반으로 지지방법에 관계되는 것으로 사료된다.

X판 중진동자의 온도 특성은 변비 W/L 에 의해서 그 온도 계수를 변화 시킬때가 있다. 그래서 W/L 의 충분히 적은 영역에서는 소위 영온도 계수를 가진 2차 곡선의 온도 특성이 된다. 또한 변비와 장변의 Y축에 대한 각도와 조합 시켜서 온도 계수 0를 나타내는 온도 즉, 정점 온도를 소망의 온도에 이행 하는것이 가능하다.

그림 3은 변비 W/L 가 변화할때의 온도 계수의 절대치의 변화를 표시한다. 변비 0.25 근방에서 불연속은 2개의 공진 주파수의 강렬한 결합에 의한 것이다. 그림 4는 변비 0.20 이하로 근소한 변화를 주었을때의 정점 온도 이동의 양상을 나타내는 실험치로 변비 W/L 가 0.1~0.19 변화 할때 약 5°C의 변화를 나타낸다.

그림 5은 장변 방향과 Y축과의 제각 α 에 대한 정점 온도 이동을 표시한 값이다. 그림 4에 비해서 정점 온도 이동 당에 수록하면 제각을 변화 시킨곳이 효과가 큰것은 설계상 매우 유용한

것이다. 그림중의 화살표의 길이는 -2×10^{-6} 의 주파수 변화율을 나타낸 정점 온도에서의 온도 폭을 나타내고 있다. 또한 X-Cut제의 수정 진동자는 그림 3과 같이 Y축에 대한 절단 Angle θ 와 변비(W/L)에 따라 주파수 온도 계수가 다를 뿐만 아니라 영온도 계수를 주는 정점 온도가 이동한다. 변비 W/L의 치가 적을수록 온도 계수는 적어지지만 반면 impedance가 매우 커진다. 그림으로 일반적에서 W/L은 0.15~0.18 정도가 많이 사용되고 있다.

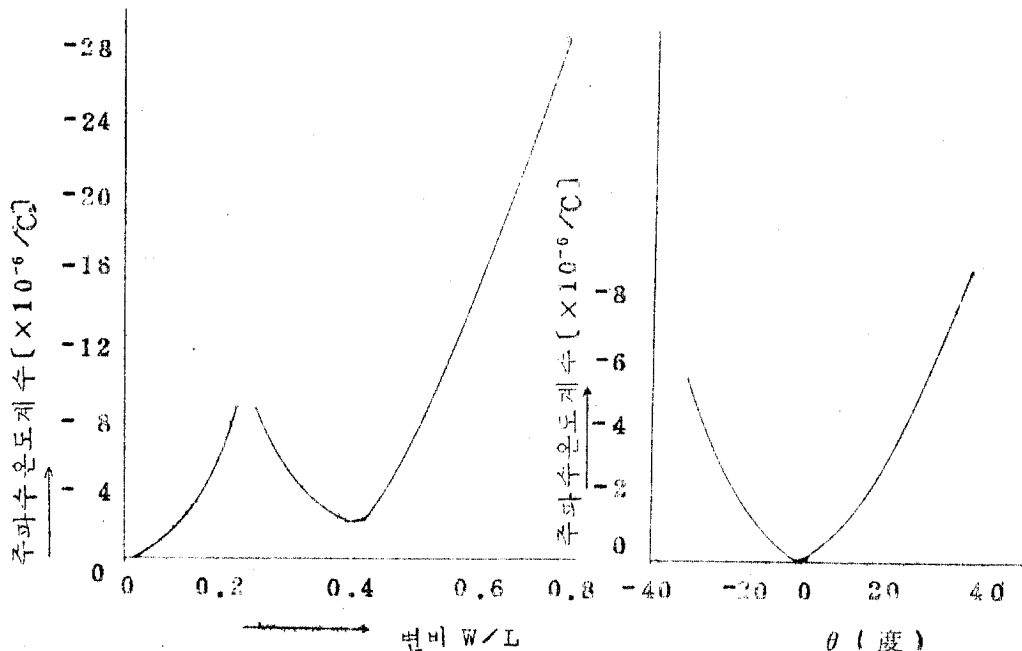


그림 3. 변비와 절단 각도 θ 에 따른 주파수 온도 계수의 변화

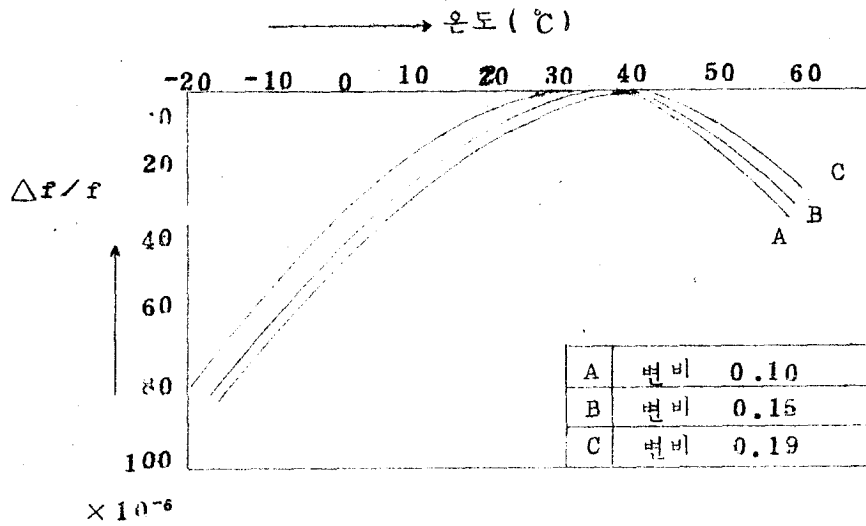


그림 4. 변비 0.20 이하일 때 정점 온도의 이행

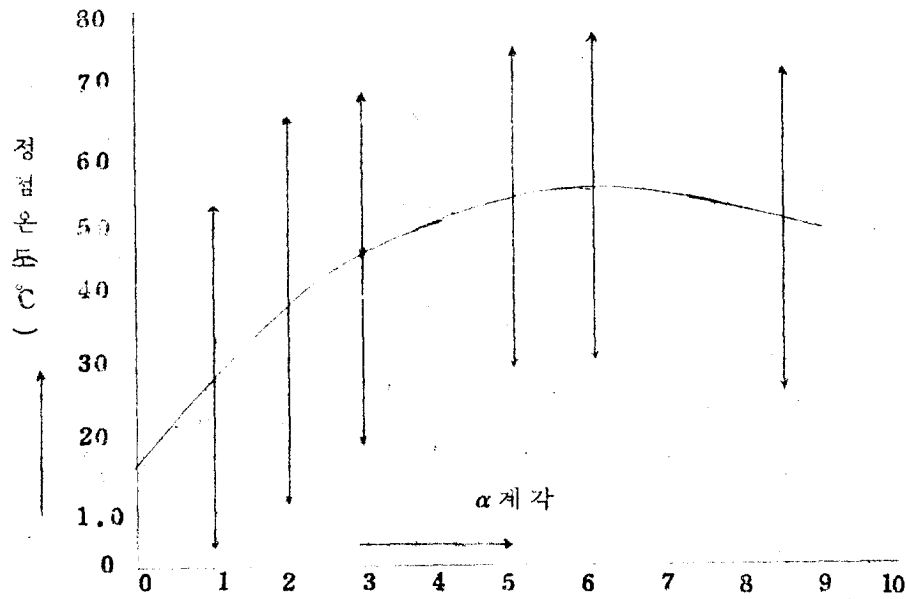
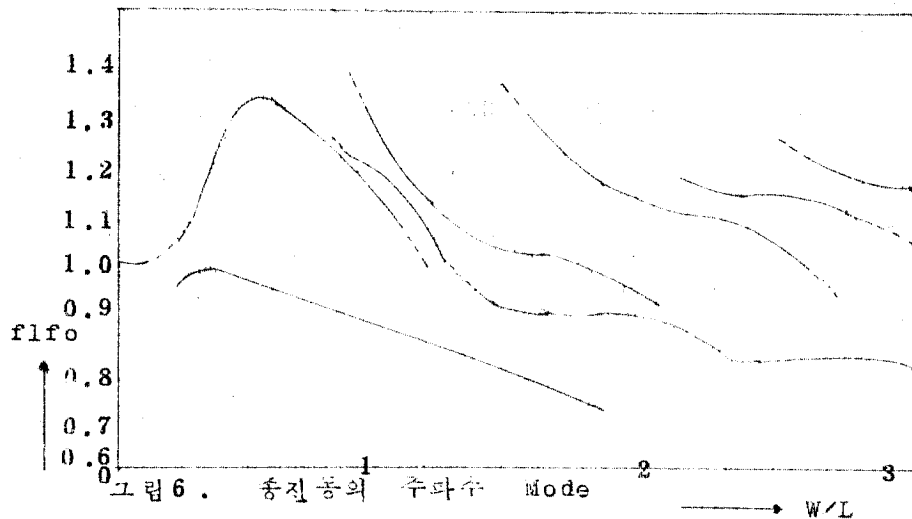


그림 5. X 판 진동의 Y 축 장변 방향의 계각 α 에 따른 정점 온도의 이행

4) 부진동

실제의 X판의 종진동에서는 장변 방향에 대하여 폭 방향에도 있는 크기의 치수를 가진다. 따라서 실제로 응답하는 주파수는 많이 존재한다.

즉, Z축 방향의 치수 W와 Y축 방향의 치수 L의 비 W/L 에 의해서 그 양상을 달리한다. 또 탄침법에 의해서 관찰되는 관상의 편극 Pattern도 변해진다. 그림 6에 소개한 그림의 종축에 내놓은 순수한 종진동의 주파수 f_0 를 기준으로 해서 횡축에 변비 W/L 를 취했을 때의 공진 주변수의 흔적에 각 곡선의 대표적인 공진점의 편극 Pattern을 그렸으므로 그 양상을 똑똑히 볼수있다. 그림 6에서와 같이 $W/L < 0, 20$ 의 영역에서는 한종류의 공진 뿐이고 또 편극 Pattern은 Y축 방향에 점현파는 Z축 방향에 거의가 일정해서 순수한 종진동에 가까우므로 이범위가 수가되어 진동자의 제작에 많이 사용되고 있다.



3. 장파대 X-TAL 발진자의 종류

1) 절단 방위에 대한 구분

장파대 X-tal 발진자의 종류를 절단 방위별로 분류하면 자동 절단기와 X-Ray 발생기를 사용하여 필요한 방위 즉 수정의 결정축에 대하여 형상 및 크기를 갖는 수정 소편으로 시공하는 것인데 이것을 분류하면 다음 표 1 과 같다.

표 1

수정판의 명칭	진동자대	주파수정수 (KHz/mm)	영 상
+ 5° X - Cut	접합 굴곡	$5900 \times t/L^2$	장 방 형
+ 5° X - Cut	X Y 굴곡	$5700 \times t/L^2$	봉 상
M T - Cut	종진동	$2700 \times I/L$	장 방 형
N T - Cut	윤곽 굴곡	$5700 \times W/L^2$	세 장 판
+ 5° X - Cut	종진동	$2800 \times I/L$	세 장 판
+ 2° X - Cut	종진동	$2760 \times I/L$	세 장 판
- 18° X - Cut	종진동	$2550 \times I/L$	장 방 형
D T - Cut	윤곽굴진동	$2070 \times I/L$	정 방 형
G T - Cut	단변종진동	$3200 \times I/W$	장 방 형

2) 진동자태 (Mode) 에 의한 구분

장파대에 사용되는 수정 진동자의 진동자태는 종진동 Mode, 굴곡진동 Mode, 윤곽진동 Mode 등이 있으며 그 특성은 다음 표 2 와 같다.

표 2

진동 Mode	진동자태	주파수범위	용도
종진동	그림 (a)와 같음	50-250KHz	Filter용 공진자 수정 발진자
굴곡진동	그림 (b)와 같음	1- 60KHz	수정 발진자
윤곽진동	그림 (c)와 같음	50-800KHz	Filter용 공진자 수정 발진자

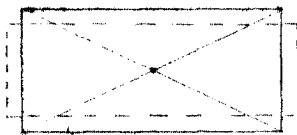


그림 (a)

종진동 Mode

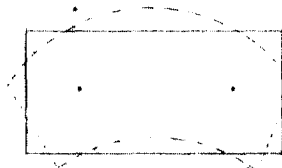


그림 (b)

굴곡진동 Mode

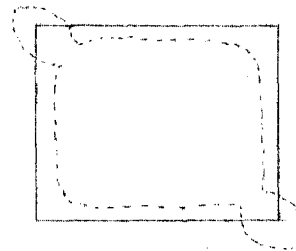


그림 (c)

윤곽진동 Mode

그림 7 수정편의 진동자태

그림 7에서 실선은 진동자의 정지 상태이며 점선은 진동 하였을 때의 형(型)을 표시한 것이다. 그러므로 이같은 종류의 수정편의 진동자태의 공통점은 수정편 면상의 중심 또는 중심선상에 기하학적으로 표시되는 점이 한 개 이상 존재 하므로 이점을 진동의 절점 (node point)이라 하며 진동자 전체가 진동 하여도 이점만은 전혀 움직이지 않는 점이다. 진동자는 외부로 부터 진동 충격이나 습기, 협잡물의 혼입, 기압의 변화등에 장애를 받지 말아야 하며 또 진동자의 진동을 저해하지 말아야 한다.

3) 지지 방식에 의한 구분

① 압력 지지방식

압력 지지는 끝이 송곳같이 되어있는 금속봉의 양쪽에서 적당한 바네 압력을 가하여 수정 판을 그 절점에 지지하는 방법이며 수정편의 양면에 전극의 금속막이 부착 되어있다. 그러나 이 방법의 결점은 외부로 부터의 진동충격이 가해지면 바네 압력이 약할때는 수정판이 미끄러져서 발진 주파수가 변화 또는 발진 강도가 저하되며 심할 경우는 수정판이 밑으로 떨어져 발진을 하지 않게된다. 이밖에 금속봉의 선단과 금속막의 접촉 불량을 일으키고 또는 금속막이 선단에 글겨서 부분적으로 금속막이 저위질 경우가 있다. 그러므로 이와같은 결점을 근본적으로 제거한것이 선지지 방식이다.

② 선지지 방식

선지지 방식은 수정편의 절점 (NODE)에 작은 은점을 소부하고

이온점의 중심에 극히 가는 인칭동선 (Spot Wire) 을 미량의 납으로 매우고 수정편에는 금, 은의 금속막을 진공 증착법에 의해 부착하며 진동의 절점 부근에서 지지선을 인출선 ($\lambda/4$ or $\lambda/8$) 에 고정하여 진공 용기 (HC-13/ μ) 에 봉입한다. 이와같이 얻어진 진동자는 외부적인 진동 및 충격에 대해 주파수나 발진 강도가 안정함은 물론 Q도 크다. 또한 구조도 간단하기 때문에 지지 방식 으로는 이상적인 것으로 생각된다. 이때의 은점 부착 강도는 $0.7 \text{ kg} / 1 \text{ mm}^2$) 이다.

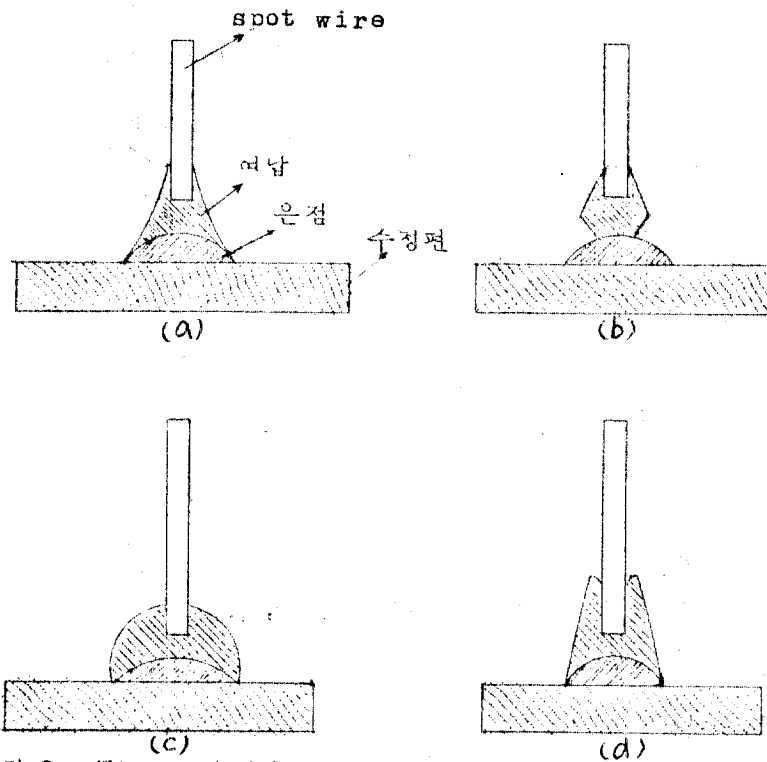


그림 8. Wire 부착의 단면도

그림 8 은 spotting wire 부착의 단면도를 도시한 것으로 그림 (a) 은 wire 부착의 이상적인 단면도 이다. 이와같은 상태는 올바른 점도의 paste 를 사용 함으로써 얻어지며, 표면장력의 관계에서 가장 이상적인 형이다. 납은 반듯한 원추형으로 되어있다. 그림 (b) 은 납이 spot 을 완전히 덮지 않은 모양이다. 은점 연마가 부족 했거나 납매끼증 후락스의 작용이 불충분 한 것이 원인이다. 이와같은 wire spot 은 기계적 강도가 약하며 전기저항도 큰 이유가 된다.

그림 (c) 은 납의 사용량이 과다한 spot 이다. 이것은 수정 소자의 진폭을 감소 시킬뿐 아니라 금속을 증착하여 전극을 형성 시킬때 음 (그림자) 을 만들므로 전극 형성에 방해가 된다.

그림 (d) 은 납이 wire 에 관속하게 발라지지 않아서 찌그러진 면을 만들은 spot 이다. 이것은 납 붙이기 전에 선의 납 매끼가 불완전 했을때, 또는 납땜 작업을 너무 낮은 온도에서 행할때가 원인이다. 이와같은 spot 의 전기 저항은 크다.

그림 8 의 (b) (c) (d) 에 표시한 spot 에는 또 한가지 결점이 있으니 그것은 세척하는데 곤란하다. 즉, 찌그러진 곳이나 각에는 더럽혀진 납땜용 후락스가 걸리기 쉽기 때문이다.

4. 설계

◎, 제작 Frequency : 65KHz, 80KHz, 95KHz.

◎, 변비 (W/L) : 0.13

◎, Inductance : 50 [H]

◎, 진동 Mode : 종진동

◎, 형상 : 세장판

◎, Cut-Mode : + 5° X - Cut

1) 65KHz 설계

$$f_o = \frac{1}{L} \times K_f \text{ [KHz]}$$

$$K_f = 2816 \text{ KHz} / \mu\text{m}$$

f_o : X-cutal 발진 주파수

K_f : 절단과 변비에 따라 정해지는 상수

L : 장변의 길이

$$L = \frac{\text{주파수 정수 } K_f \text{ (KHz} / \mu\text{m)}}{\text{공진 주파수 } f_o}$$

$$= \frac{2816 \text{ KHz} / \mu\text{m}}{65 \text{ KHz}}$$

$$= 43.323 \text{ [} \mu\text{m} \text{]}$$

변비 (W/L) 를 0.18 로 선정 하였으므로

$$W = L \times 0.18$$

$$= 43.323 \times 0.18$$

$$= 7.805 \text{ [} \mu\text{m} \text{]}$$

인덕턴스 L 을 50 H 로 취 하면

$$L_1 = KL \times \frac{L \cdot t}{W}$$

$$KL = 11.1 \text{ [H]}$$

$$50 = 11.1 \times \frac{1}{0.18} \times t \text{ [H]} \quad \therefore t = 0.811 \text{ [} \mu\text{m} \text{]}$$

2) 80KHz 설계

$$f_o = \frac{1}{L} \times K_f [\text{KHz}]$$

$$K_f = 2816 \text{ KHz} / \text{mm}$$

$$L = \frac{\text{주파수 정수 } K_f (\text{KHz} / \text{mm})}{\text{공진 주파수 } f_o}$$

$$= \frac{2816 \text{ KHz} / \text{mm}}{80 \text{ KHz}}$$

$$= 3.520 \text{ cm}$$

변비를 0.18로 선택 하였으므로

$$W = \ell \times \text{변비}$$

$$= 35.20 \times 0.18$$

$$= 6.336 [\text{mm}]$$

Inductance L_1 를 50 H로 잡으면

$$L_1 = K \times \frac{L \cdot t}{W}$$

$$K_L = 11.1 [\text{H}]$$

$$50 = 11.1 \times \frac{1}{0.18} \times t$$

$$\therefore t = 0.811 [\text{mm}]$$

3) 95 KHz 설계

$$f_o = \frac{1}{L} \times K_f [\text{KHz}]$$

$$K_f = 2816 \text{ KHz} / \text{mm}$$

$$L = \frac{\text{주파수 정수 } K_f (\text{KHz} / \text{mm})}{\text{공진 주파수 } f_o}$$

$$= \frac{2816 \text{ KHz} / \text{mm}}{95 \text{ KHz}}$$

$$= 29.64 [\text{mm}]$$

$$W = \ell \times \text{변비}$$

$$= 29.64 \times 0.18$$

$$= 5.335 [\text{mm}]$$

Inductance 를 50 H로 잡으면,

$$L = K_L \times \frac{L \cdot t}{W}$$

$$K_L = 11.1 [\text{H}]$$

$$50 = 11.1 \times \frac{1}{0.18} \times t$$

$$\therefore t = 0.811 [\text{mm}]$$

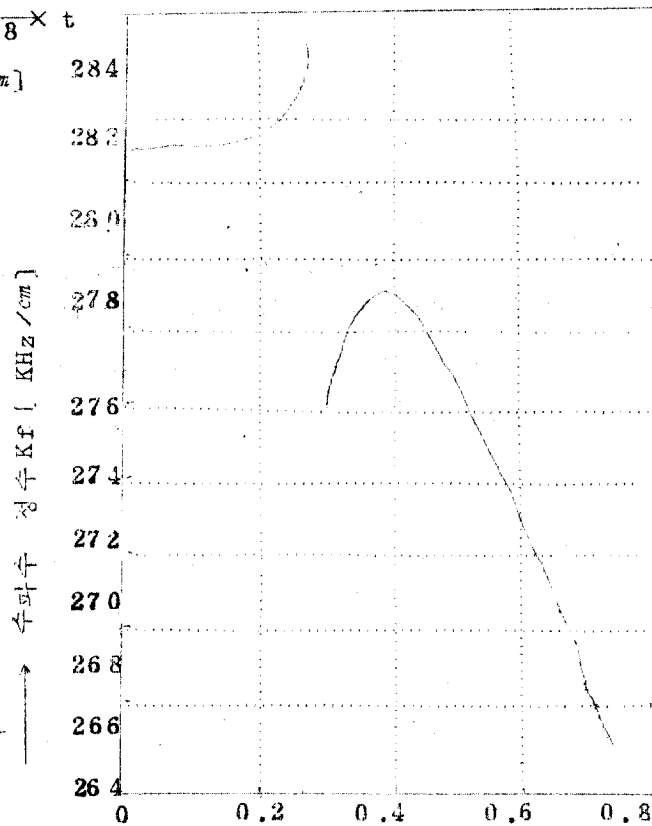
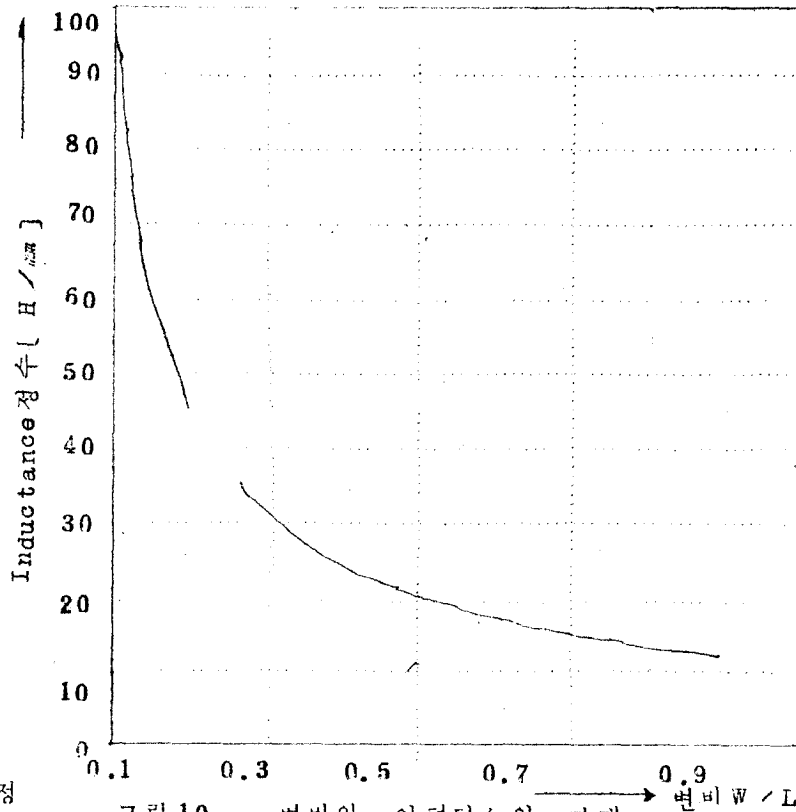


그림 9. 변비에따른

수파수 정수의 변화



5. 제작 과정

그림 10. 변비와 인덕턴스의 관계

본 연구는 50 KHz ~ 100 KHz의 장파대를 주대상으로 하였으므로 +5° X - Cut로 절단하여 종진동 Mode로 진동하는 Blank를 사용하여 제작을 하였다.

1) 방위각 측정과 절단

LP-24 B 평면 연마기를 사용하여 Slicing 평면 Lapping을 한후 자동 절단기에 부착후 절단을 행한다.

① 1차 절단 ($I_1 W$)

자동 절단기를 운용하여 seed축 절단후 XYZ 자동 절단을 한다.

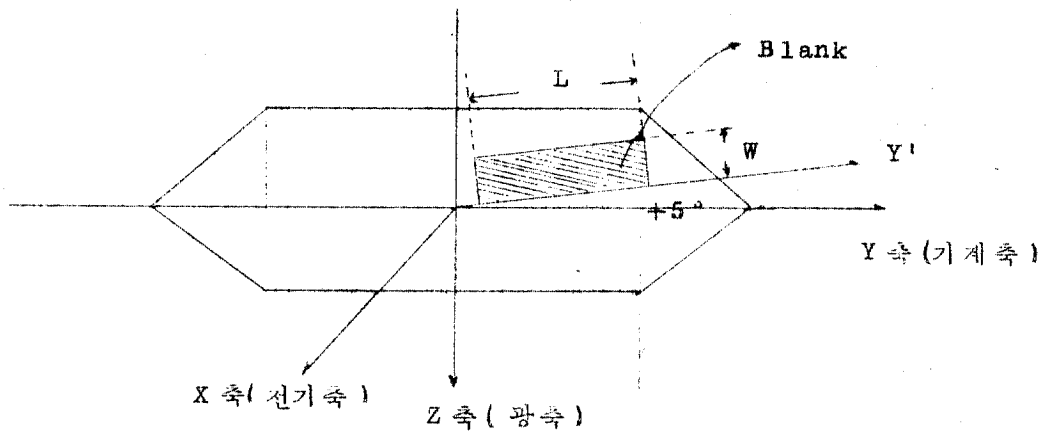
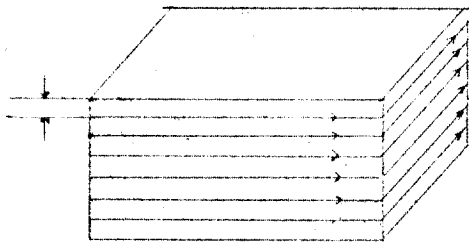


그림 11. $+5^\circ$ X - Cut 의 절단 Mode

(2) 2 차 절단 (t)

L, W 절단이 끝난후 $+90^\circ$ 로 위상을 바꾸어 2 차로 t (두께) 를 절단한다.



두께 (t) = 0.811 mm

※ 절단후 가성가리 용액에 침전

< 자동 절단기의 특성 >

주속 : 1540 m / Min

송속도 : 5.5 mm / Min

Wheel의 크기 : { 내경 → 140 mm
두께 → 0.6 mm
입경 → 40 ~ 60 μ m

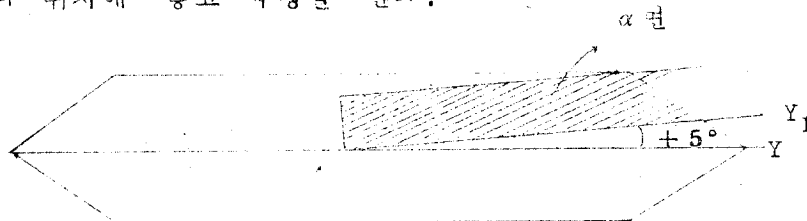
절단유 : 경유

Relay 동작 : 공기 압력 (Complexor 사용)

2) X-Ray Check

장파대 X-tal 발진자의 특성은 Cutting Angle 에 따라서 온도 특성, CI 특성등이 변화 하므로 정확한 절단을 위하여 X-Ray 발생기로 방위각을 측정후 절단을 하여야 하며 또한 검사를 한다.

+ 5° X-Cut 측정시 절단 소면으로는 반사 Beam 의 세력이 약하여 측정이 곤란 하므로 seed 축을 절단후 α 면을 측정하여 Cutting Angle을 Check 하였다. 이때 X-Ray 발생기기의 specimen 은, holder는 18.3°로 setting 시키고 Counter 를 X의 위치에 놓고 측정을 한다.



X-Ray 측정시 종래에는 single attach 방법을 사용하여 Angle 를 측정 하였으나 당소에서는 Double Attachment 방법 을 사용하여 측정 오차를 $\pm 15'$ 이내로 억제 하였으며 Standard 원편을 사용하여 X-Ray 측정기를 조정 하여 정확한 X-Ray Check 로 Cutting Angle 오차를 최소로 줄이는데 노력 하였다. 다음은 Double Attach 방법의 기본 원리를 표시한다.

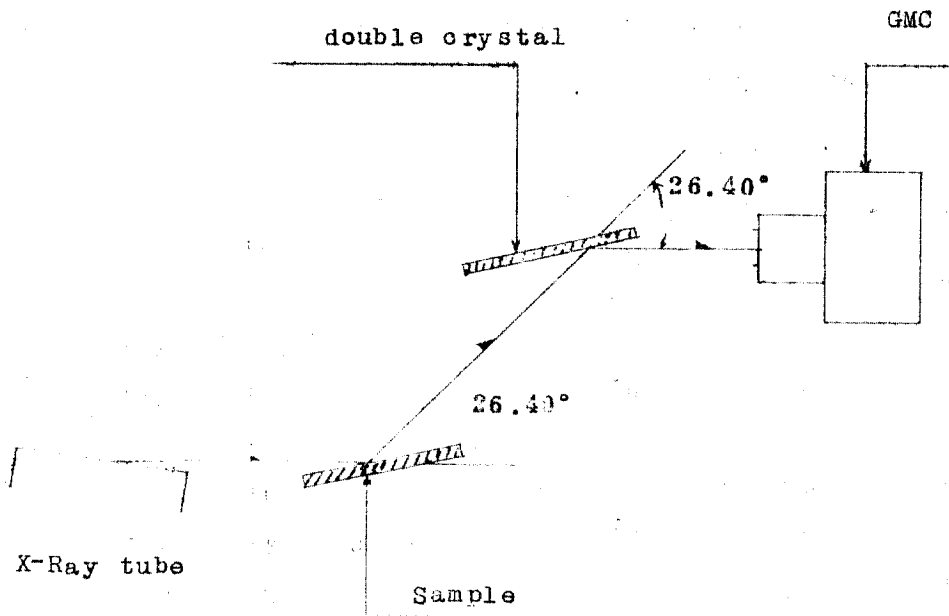


그림 12. X-Ray 측정

〈 2중 수정 X-Ray 측정의 개요 〉

① 원리

그림과 같이 예각의 굴절선은 하나의 수정에서 X선이 다시 충돌하여 얻어지는 것이다 (그림 참조)

② 구조

2중 수정은 미완성 상태로 굴절하며 정밀 조정 되도록 한다. GBC는 2중 수정과 같이 동일한 Base에 설치한다.

③ 광도의 해석

광도 표시는 2중 수정 부속품이 없이 보통 single 측정 법으로는 30'이다. 2중 수정을 이용하면 굴절각의 광도 오차는 $\pm 15'$ 를 얻을수 있다.

표 3. 〈 X-Ray 측정 Data 〉

No	광축 (Z 축) 에 대한 Angle	Y 축에 대한 Angle
1	0° 1' 30'	5° 2' 30'
2	0° 2'	5° 1' 30'
3	0° 3'	4° 58' 30'
4	0° 2' 30'	4° 58' 30'
5	0° 1'	5° 2'
6	0° 2'	4° 59' 30'
7	0° 2' 30'	5° 3' 30'
8	0° 2'	5° 2' 30'
9	0° 1' 30'	4° 57'
10	0° 2'	5° 58' 30'

X-Ray 측정 결과 광축에 대한 Angle 은 작년의 7' 편차에서 올해는 $\pm 3'$ 이내로 절단 하였으며 Y 축에 대한 Angle 편차는 작년의 9'에서 $\pm 4'$ 이내로 Angle 편차를 감소 시켰다.

3) 연마 (Lapping)

① 평면 연마

3 S - 70 Lapping Machine 과 Eccentric Lapping 기계를 사용하며 이때 사용되는 연마제는 # 1,000 ~ # 4,000 을 사용하며 제산된 두께까지 정밀히 연마한다. 최종 연마시 # 4,000 을 사용 (입도 : $2 \sim 3 \mu$) 하며 오차의 범위는 $\pm 0.02 \text{ mm}$ 이내로 하였고 두께는 0.811 mm 을 기준으로해서 범위는 $+ 0.05 \text{ mm} \sim - 0.02 \text{ mm}$ 이다. + 쪽으로 큰것은 정밀 가공을 위해 조정이 가능 하지만 - 쪽이 0.02 mm 보다 적으면 정밀 수정이 불가능 하기 때문이다. 설계치 대로 두께가 연마되면 연마제와 경유등 불순물을 제거하기 위하여 소정의 절차로 화학처리를 한다.

< 평면 Lapping 조건 >

주속 : $20 \sim 40 \text{ m} / \text{min}$

압력 : $100 \text{ g} / \text{cm}^2$

Lap 재질 : 수철

연마제 : # 1,500 , # 3,000 , # 4,000

가공유 : 경유 + 방청제

②윤곽 연마 (L, W 연마)

+ 5° X-Cut 시 발진 주파수는 변의 길이에 의해 결정 되므로 CI-Meter 와 Micro gage 로 주파수와 길이를 측정해 가면서 변의 길이를 조정 한다. 이때의 오차는 $\pm 0.03 \text{ mm}$ 이내로 연마 한다. 연마 방법은 종전에 # 1,000, # 1,500 으로 연마판 위에서 손으로 연마하는 handling 방법을 사용하였으나 연마후 변의 평행도 및 평단성이 고르지 않은 결점이 있으며 또한 소요 시간이 길다. 이러한 결점을 없애기 위하여 올해에는 Single Lapping 연마기를 사용하여 # 1,500 을 경유와 혼합하여 연마를 하였다. 이때의 Carrier 는 빼끄판 혹은 동판으로 제작 하였다. 연마 결과 수정편의 평행도 및 CI 변에서 양호한 특성을 얻을수 있었다. 이때 연마제 : 경유의 비율은 1 : 3 으로 잡았다.

③ Carrier 와 Lapping 의 관계

Carrier 의 선택은 보통 수정편 두께의 2 / 3 에 해당하는 것을 사용하며 연마기의 종류나 가공 주파수에 따라서 carrier 를 결정 한다.

carrier 내의 시료편의 배치는 Blank 의 크기와 배치의 대칭성을 고려하여 Eccentric Lap 의 경우 1 판의 carrier 에 시료는 3 개 정도가 이상적이다. 배치는 carrier 의 중앙에 Lap 의 평면도의 열화를 적게 하기 위하여 $15 \text{ mm } \phi$ 의 "다미" 를 놓는다. Carrier 의 재질은 금속에 비해서 플라스틱으로 하면 시료의 흠이나 Lap편의 흠이 적으므로 플라스틱 혹은 빼끄판을 사용 하

였다.

양면 Lapping의 경우는 시료의 평면도 뿐만 아니라 평행도와 판의 두께에도 좌우된다. 더구나 시료가 얇아지면 편면 Lapping과는 달리 Lap의 면 형상이 시료에 전해질뿐 아니라 그의 인자에도 문제가 된다.

$2\mu/m$ 이하의 평면도를 유지 하려면 Lap을 10분 간격으로 수정 해야한다. 그러나 판, 시간에 여러번 시료의 위치가 변경 되면 조작의 회수에 비례하여 시료의 파손률이 높고 작업 능률면에서도 문제가 된다. 그러므로 Lap의 교정은 수시간 요하는 것을 고려하면 Lap판의 평행도가 다소 낮아져도 20~30분 간격으로 Lap판을 수정할 필요가 있다.

4) 화학 처리 및 세척

최종 Lapping후 주파수의 안정도와 수정면의 평탄성 및 실효저항을 좋게 하기 위한 작업으로 다음과 같은 과정을 행한다.

① 1차 세척

a. 트리크로 에치렌 — 30분

b. 증류수 — 침전

c. 초산 — 30분

d. 증류수 — 3회 이상 세척

② Etching (부식) 처리

주파수 경년 변화를 막아 주파수 안정을 유지하기 위하여 1차 세척후 Etching 처리를 한다.

a, Etching 방법 ; 불화 암모니아를 증류수에 혼합하여 사용한다.

(60 ℃로 heating 하여 사용한다)

불화 암모니아 : 증류수 = 1 : 10

10 cc : 100 cc

b, Etching 한계

Mil 3098F 규격에 의하여,

$$\text{Max} \Delta f = 0.05 \times F^2 \times \mu$$

$$\text{Min} \Delta f = \frac{0.033 \times F^2}{M} \times 15,000$$

0.033 : Constant

F : 기본파 수파수

μ : 연마제 Micron size

M : 연마제 Mesh size

Mesh ; 1,000 # = 15 Micron

2,000 # = 7.5 "

3,000 # = 5.0 "

4,000 # = 3.75 "

※수파수 상승 한계는 약 $0.125 f^2 \sim 0.2 f^2$

(3) 2차 세척

Etching 처리후 행한다.

a, 가성 가리 - 30 분

b, 중크롬산가리 - 30 분

c, 증류수 칩전

d, 초음파 세척 (99.5 % 이상의 순수 알콜을 사용 -
시약용)

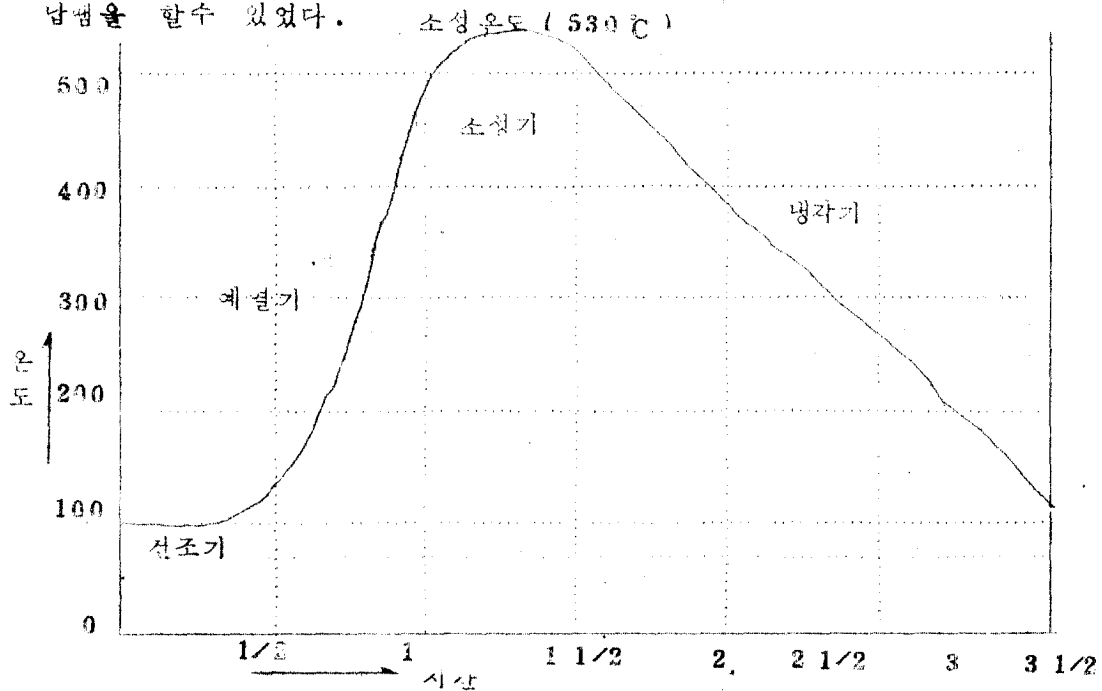
④ holder와 Base 세척

카본텍스, 알콜을 사용하여 초음파 세척기로 세척을 한다.

5) Spotting

소정의 화학처리가 끝난후 수정편의 기하학적 인 중심점 즉,
node point 에 은점을 부착하고 전기로를 사용하여 그림 13 과
같이 열처리를 한다. 은점 소부가 끝난후 은점에 spot wire
를 부착한다.

spot wire 부착시 종전에는 납땜 인두를 사용하여 spot
하였으나 올해에는 열풍장치를 설치하여 고열의 열풍으로 wire
를 지지 하였다. 그러므로서 그림 8 (a) 에서와 같이 이상적인
납땜을 할수 있었다. 소성 온도 (530 °C)



6) 증착

수정편 양면에 전극을 형성 시키며 또한 주파수 Setting을 위하여 10^{-6} mm Hg 이상의 고진공에서 증착을 행한다. 이때 증착은 전면 증착을 하였다.

증착 한계 — $0.9 f^2 \sim 1 f^2$

증착 물질 — silver, gold

허용 편차 — $0.05 f^2$

<증착물질 제거>

Silver → 초산

gold → 왕수+증유수

(60 °C로 heating하여 사용한다)

7) gas 주입 및 sealing

주파수 aging 과 노화 방지를 위하여 holder 내에 gas 를 주입하고 holder 를 봉입한다.

내봉가스 — 질소 (99.5 %)

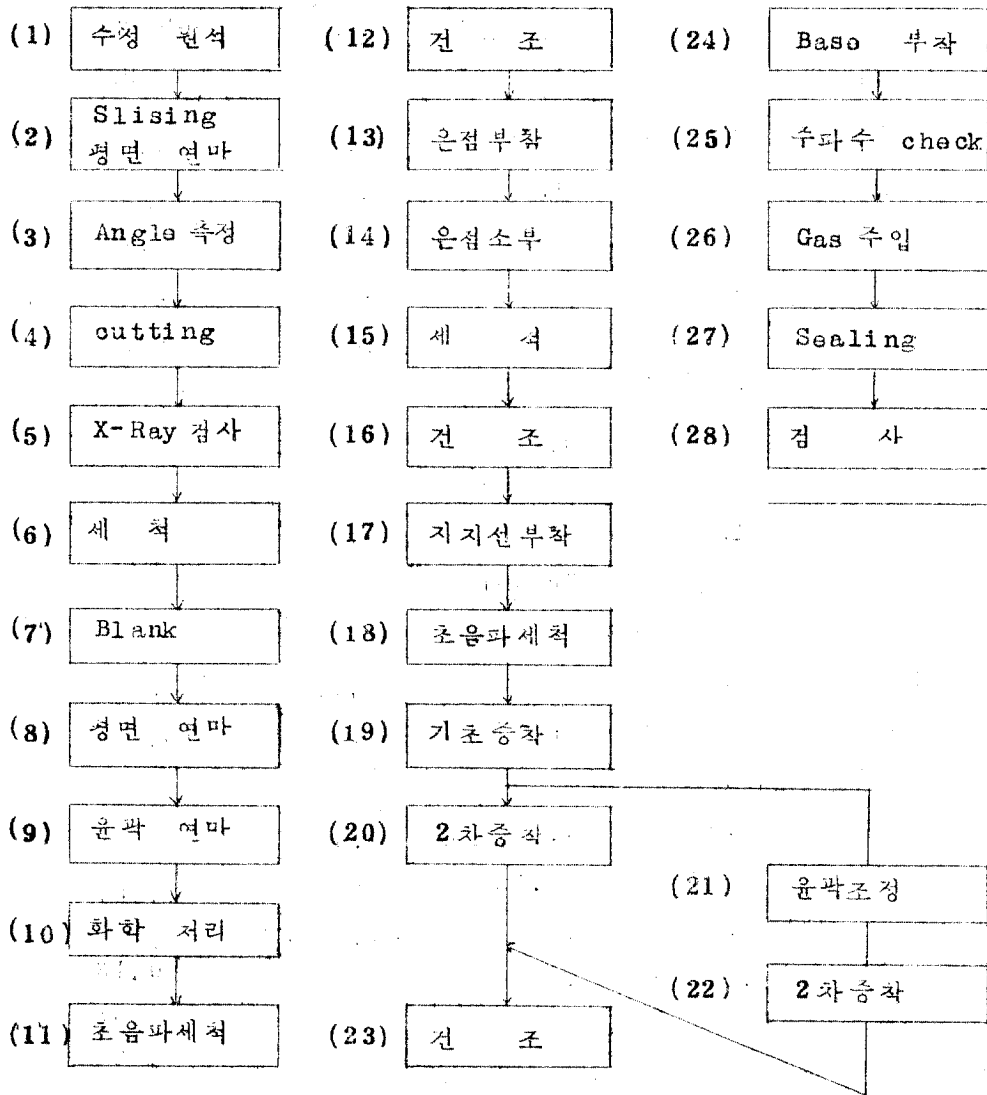
주파수 안정도 — 5×10^{-6} /year 이상

8) 검사

제작 완료후 최종적으로 동작 특성 시험을 한다.

◎ 제조 과정

(수정 발진자 제작 공정)



6. 시작품과 외국 제품과의 특성비교

제품No	시작품		외국제품	
구분	No 1	No 2	No 1	No 2
형식	HC-13/U	HC-13/U	HC-13/U	HC-13/U
NOMINAL 주파수	95 KHz	95 KHz	95 KHz	95 KHz
CUT-Mode	+5° x-cut	+5° x-cut	+5° x-cut	+5° x-cut
측정시 온도	21 °C	21 °C	21 °C	21 °C
직렬 주파수	94.952KHz	94.967KHz	95.001KHz	94.966KHz
직렬 저항	0.9K ohm	0.85K ohm	0.7K ohm	0.9K ohm
병렬 주파수	95.015 KHz	95.030KHz	95.075KHz	95.030KHz
병렬 저항	1.2K ohm	1.1K ohm	1.2K ohm	1.5K ohm
증착 물질	Silver	Silver	gold	Silver
증착량	0.9F ²	0.9F ²	1 F ²	1 F ²
장변의 길이				
(이론치)	29.640 μ m	29.640 μ m		
(제작치)	29.643 μ m	29.641 μ m	28.85 μ m	29.00 μ m
단변의 길이				
(이론치)	5.335 μ m	5.335 μ m		
(제작치)	5.333 μ m	5.336 μ m	5.65 μ m	4.5 μ m
온점 직경	0.7 μ m	0.7 μ m	0.7 μ m	0.7 μ m
두께 (이론치)	0.811 μ m	0.811 μ m		
(제작치)	0.810 μ m	0.809 μ m	0.802 μ m	0.810 μ m
변비	0.18	0.18	0.2	0.16
인덕턴스 (L)	49.6(H)	48.5(H)	44.8(H)	57.22(H)
극간용량 (Co)	9.1pF	8.6pF	9 pF	6.5pF
제조회사			NDT	TTK
단면상태	양호	(현미경사용조사)		

Load-Capacity : 32pF

구분 \ 제품 No	시 작 품		외 국 제 품	
	No 3	No 4	No 3	No 4
형 식	HC-13/U	HC-13/U	HC-13/U	HC-13/U
NOMINAL 주파수	80 KHz	80 KHz	80 KHz	80 KHz
CUT-Mode	+5°x-cut	+5°x-cut	+5°x-cut	+5°x-cut
측정시 온도	21 ℃	21 ℃	21 ℃	21 ℃
직렬 주파수	79.973 KHz	79.956 KHz	80.011 KHz	79.996 KHz
직렬 저항	2.0K ohm	2.1K ohm	24K ohm	5.4K ohm
병렬 주파수	80.035 KHz	80.007 KHz	80.017 KHz	80.012 KHz
병렬 저항	3.2K ohm	3.5K ohm	30K ohm	7.5K ohm
증착 물질	Silver	Silver	gold	gold
증착량	0.9F ¹	0.9F ²	1F ²	1F ²
장변의 길이				
(이론치)	35.200 μ m	35.200 μ m		
(제작치)	35.202 μ m	35.201 μ m	15.85 μ m	17.85 μ m
단변의 길이				
(이론치)	6.336 μ m	6.336 μ m		
(제작치)	6.335 μ m	6.338 μ m	4.95 μ m	5.45 μ m
은점 직경	0.7 μ m	0.7 μ m	0.7 μ m	0.7 μ m
두께 (이론치)	0.811 μ m	0.811 μ m	0.865 μ m	0.821 μ m
(제작치)	0.808 μ m	0.809 μ m		
지지선의 길이	1.2 μ m	1.2 μ m	1.2 μ m	1.2 μ m
변 비	0.18	0.18	0.25	0.31
인덕턴스 (L)	51.7 (H)	48.8 (H)		
극간용량 (Co)	12.1 pF	12.5 pF	5 pF	9.7 pF
제작회사			NDK	TTK
단면 상태	양 호 (현미경조사)		면상기스있음	양 호

load-Capacity : 32 pF

구분 \ 제품 No	시 작 품		외 국 제 품	
	No 5	No 6	No 5	No 6
형 식	HC-13/U	HC-13/U	HC-13/U	HC-13/U
NOMINAL 주파수	65 KHz	65 KHz	65 KHz	65 KHz
CUT-Mode	+5°x-cut	+5°x-cut	+5°x-cut	+5°x-cut
측정 시 온도	21 ℃	21 ℃	21 ℃	21 ℃
직렬 주파수	64.975KHz	64.990KHz	64.998KHz	64.994KHz
직렬 저항	2.7K ohm	3.3K ohm	12.5K ohm	7K ohm
병렬 주파수	65.007KHz	65.009KHz	65.005KHz	65.010KHz
병렬 저항	4.2K ohm	5.2K ohm	21K ohm	15K ohm
증착 물질	Silver	Silver	gold	gold
증착량	0.9F ²	0.9F ²	1F ²	1F ²
장변의 길이				
(이론치)	43.321 μ m	43.321 μ m		
(제작치)	43.323 μ m	43.320 μ m	21.95 μ m	19.75 μ m
단변의 길이				
(이론치)	7.805 μ m	7.805 μ m		
(제작치)	7.807 μ m	7.804 μ m	5.65 μ m	5.05 μ m
은점 직경	0.7 μ m	0.7 μ m	0.7 μ m	0.7 μ m
두께 (이론치)	0.811 μ m	0.811 μ m	0.502 μ m	0.863 μ m
(제작치)	0.809 μ m	0.812 μ m		
지지선의 길이	1.2 μ m	1.2 μ m	1.2 μ m	1.2 μ m
변 비	0.18	0.18	0.26	0.23
인덕턴스 (L)	52.1 (H)	49.5 (H)		
극간용량 (Co)	17.3pF	17pF	6.5pF	11.9pF
제조회사			NDK	TTK
단면 상태	양 호 (현미경조사)		양 호	양 호

load-Capacity : 32 pF

7. 결 론

X-Ray 측정기의 Double attachment 방법으로 측정하여 절단 Angle 오차를 $\pm 3'$ 이내로 억제하여 양호한 수파수 특성과 CI 특성을 얻을수 있었고, L, W Lapping시 평면 연마기를 사용하여 설계치와 거의 동일한 제작을 할수 있었다.

그리고 Spotting wire 부작시 열풍 장치 사용으로 이상적인 wire 부작을 하여 시작품 특성에서 알수있는 바와 같이 외국 제품에 거의 손색이 없는 장파대 x-tal 발진자를 제작할수 있었다.

< 참 고 문 헌 >

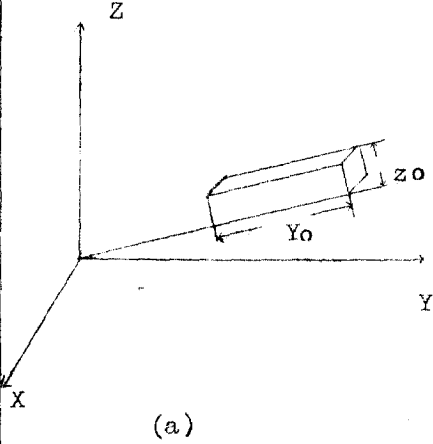
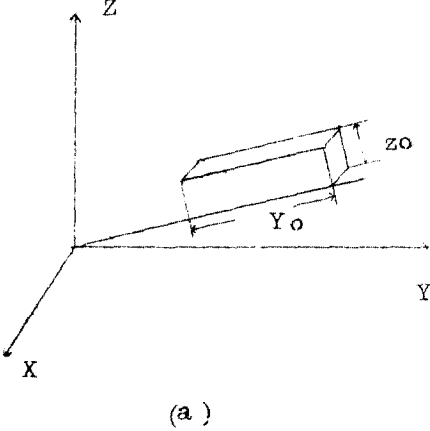
FABRICATION OF QUATZ CRYSTAL. U.S.A ARMY

인공 수정과 전기적 응용집. 일본 공업 신문사.

인공 수정의 이론과 실제. 오무사

INFORMATION BULLETIN ON QUARTZ CRYSTAL UNITS. 미육군

FILTER 설계집

페이지	오	정
p183	도파관	도파관
p208		
그림 2	 <p>(a)</p>	 <p>(a)</p>
p231	그림 13	그림 13 은점의 이상적 소성 온도 곡선