

469

7 . 5 배 조 파 수 정 발 진 자
제 작 기 술 연 구

목 차

1. 서 론	239
2. 기본원리	239
가. 진동 MODE	239
나. 주파수상수	241
다. Activity Dips	242
라. 주파수온도특성	242
3. 제작공정	245
가. Lapping	246
나. Polishing Lapping	246
다. 화학처리	247
4. 시작품 특성	248
가. CI 특성	248
나. Aging 특성	248
5. 문제점 및 해결방안	249
가. 전극막직경과 CI 관계	249
나. Polishing 한계와 CI 관계	249
6. 결 론	250

통신기정	오	주	한
통신기좌	여	성	규
전송기사	김	성	배
전송기사보	문	태	준
전송기원	이	광	표

1. 서 론

통신량의 증가에 따른 전파이용의 급증과 무선 Spectrum의 가장 효율적인 이용을 위한 전파의질 확보와 국내수요자가 소망하는 주파수대의 수정발진자생산을 위하여 50MHz 이상 80MHz 대의 주파수 범위 진동자 생산을 위한 자료와 시료를 얻는데 목적을 두었다. 전파의 유용이란 관점에서 전파관리법이 정하고 있는 주파수안정도는 통신방식이라든가 전력에 의해 여러가지로 구별되어 규정하고 있으나 표준전파를 제외한 보통방식에 대한 주파수허용편차는 대체로 1×10^{-5} 이내에 있으면 만족하다.

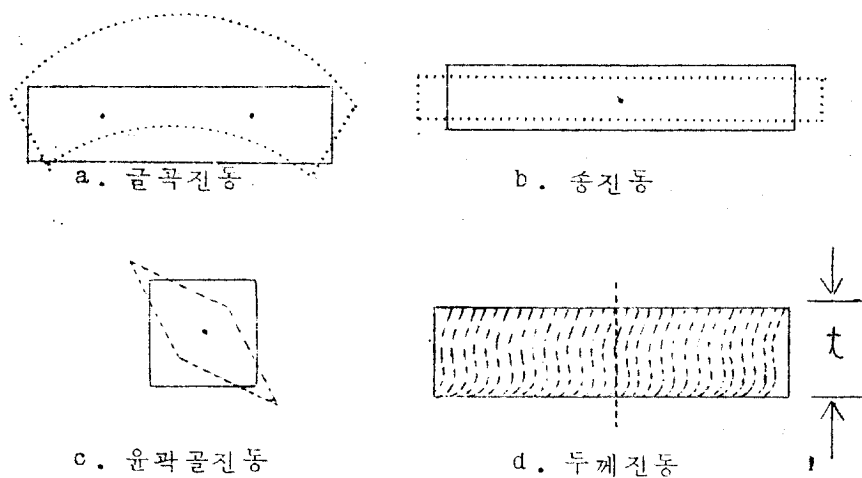
그러므로 본 과제에서는 이상과 같은 주파수허용편차를 갖는 세 5배조파 박박증착·진동자생산에 앞선 제작공정 및 시료품 특성에 대하여 기술한다.

2. 기본원리

가. 진동 Mode

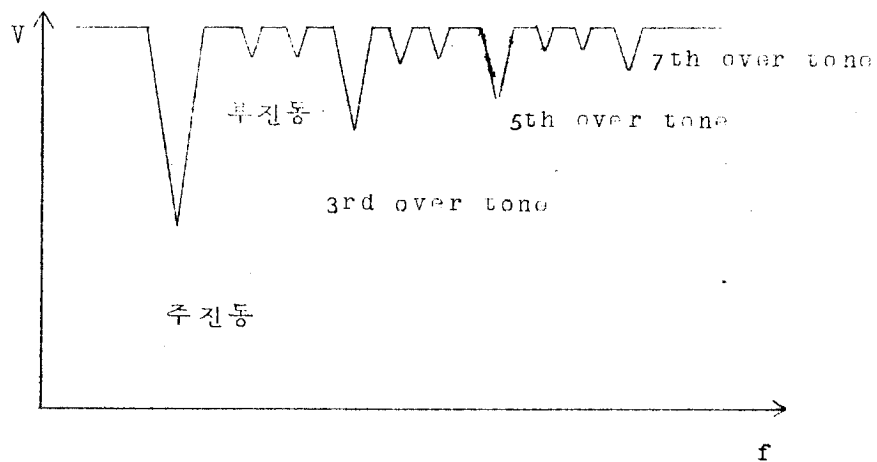
일반적으로 수정 공진자로 사용되는것의 진동 Mode는 수정의 cutting angle에 따라 주파수대 및 주파수정수가 다르며 또한 이늘의 진동 mode도 다르다.

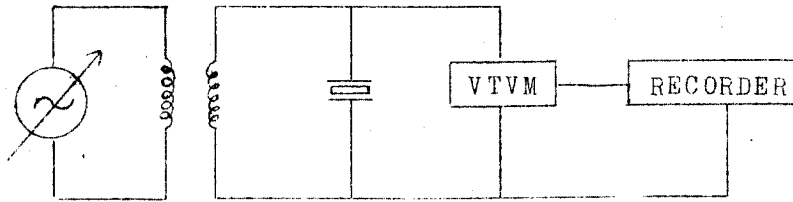
일반적으로 수정의 진동 mode는 4종류가 있으며 그 형태는 아래그림 1과 같다.



[그림 1]

또한 두께진동 mode (AT-cut)에서의 기본파진동은 그림 1에 표시한 바와 같으며 over tone 진동 mode는 수정판 Thickness 내에서 over tone 차수 만큼의 진동이 일어나며 이를 주파수에 대한 전압곡선으로 표시하면 그림 2와 같다.





측 정 회 로

[그림 2]

나. 주파수 상수.

AT-cut thickness Twist mode의 기본파 및 over tone 주파수상수는 표 1 과 같다.

[표 1]

절 타 방 위	cutting Angle	주파수상수 K_f [Kc/mm]
AT-cut(Fund)	$35^{\circ}15'$	$K_f \times \frac{1}{L}$ $K_f = 1660$
AT-cut(over tone)	$35^{\circ}22'$	$K_f \times \frac{n}{L}$ $K_f = 1550$

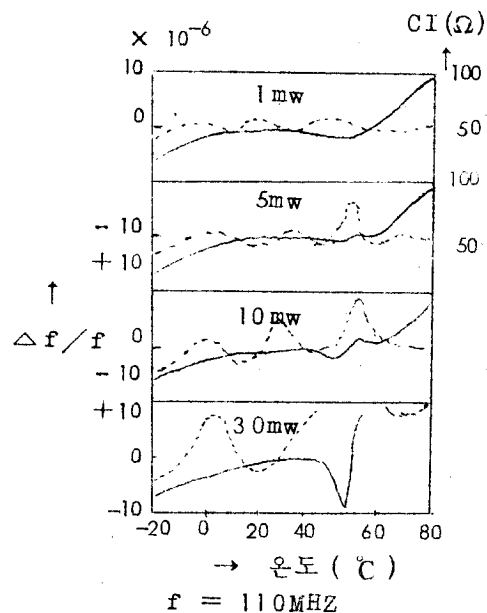
Over tone 수정판의 탄성파장은

$\lambda = \left(\frac{2}{n}\right) t = \left(\frac{2}{n}\right) (1.55/F) \approx 3.1/F$ 이며 이는 주파수의 함수로서 높은 주파수에서는 λ 는 적어진다.

Over tone 수정에서 연마가공의 표면평면도는 0.5μ 정도 유지되어야 하나 Lapping 가공상의 본질적 문제로 0.5μ 의 수배 내지 수십배의 잔유가공층이 생기므로 이것이 λ 의 10 ~ 30 %로 되어 진동손실과 주파수의 안정성에 영향을 준다. 이의 해결책으로 수정표면의 잔유가공층을 없애기 위해 화학 Etching 처리나 Polishing 가공을 행한다.

다. Activity Dips

두께진동 (AT 판) 의 수정발진자에서 정상적인 상태에서 연속적으로 온도변화를 시키면 이상현상으로 비연속적인 CI와 주파수변동을 일으킨다. 이는 주진동 Mode와 다른 많은 부진동과 결합하여 생기는 것으로 이의 해결책으로는 낮은 Drive level로 동작시키면 이를 감소시킬수 있다.



라. 주파수온도특성 (영 온도계수)

온도변화에 따라서 생기는 주파수의 편차는 높은 주파수대에서 사용하는 발진기에서는 더욱 치명적이다.

수정진동자는 공진자로서 여파기등에 사용할 수도 있으며 발진자로서 발진회로와 조합하여 사용할 수도 있다.

그러므로 공진자 또는 여파기로도 사용하며 주파수온도특성은 그

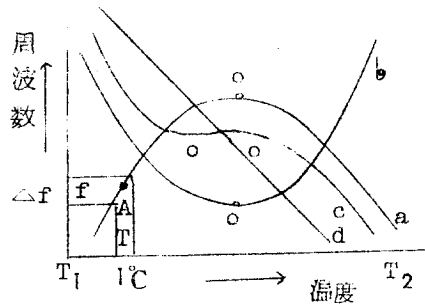
공진주파수의 온도특성이며 발진자의 경우는 발진은 발진주파수의 온도특성이 된다.

예를 들어보면 공진주파수가 온도에 따라서는 전혀 변하지 않더라도 발진자의 동작점은 회로측조건에 따라 정해지는 동작점에서 동작을 한다.

이 동작점은 조항되는 회로에 따라 여러가지가 있으나 수정발진자 탄자로부터 회로측을 본 Reactance가 충분히 영이면 이 온도특성은 공진주파수의 온도특성에 대단히 가깝다. 그러나 회로측 capacitance 및 reactance를 갖는 것과 같은 회로의 경우는 온도변화에 따라 저항변화는 크고 이에 따라서 수정진동자의 reactance를 변화시킨다. 발진주파수의 변화는 진동의 결함을 배고는 보지(保持)방법에 관계한다. 예를들면 保持방식의 경우 保持線의 공진이 온도에 따라 변화하는 것이다.

이와같은 수정은 비등방성의 결정이므로 결정축에 대한 절단방위를 바꾸면 그 물리적성질이 달라진다. 때문에 수정진동자의 결정축에 대한 재단방위를 바꾸면 공진주파수온도특성도 변화하며 특수한 방위로 재단된 수정진동자는 온도의 변화에 대하여 주파수의 변화가 극히 작은 특성을 갖게 할수 있다.

수정원석의 절단방위를 약간씩 바꿔가며 주파수특성을 조사하면 상온 즉 보통의 실온부근에 있어 온도변화에 따르는 주파수변화가 작은 최량의 절단방위가 존재한다. 이러한 방위로 재단된 수정진동자를 영온제수 수정진동자라고 한다.



그림과 같은 온도범위 T_1 부터 T_2 가에 있어서 주파수가 곡선 a 와 같이 변화하는 것을 보면 횡축은 온도 종축은 주파수를 보이고 있다. 그림에서 곡선 a가 A점에 대해서는 온도 T 와 주파수 f가 대응한다. 이 점선의 경도 즉 A점을 중심으로 해서 단위 온도축에 대한 주파수축을 Δf 로 하면 $\Delta f/f$ 를 이수정진동자의 온도 T에 있어서 주파수온도계수라고 한다.

($\Delta f/f^\circ C$ 로 표시한다) 지금 점 A를 곡선 a에 따라 바뀌가면 이점에 접하는 점선의 경도도 달라진다. 그래서 점 O에 있어서 점선은 횡축에 평행으로 된다. 이점은 경도 영 즉 주파수온도계수는 0이며 이 온도에 있어서는 마소의 온도변화가 있어도 주파수변화는 거의 없다. 곡선 b와 같은 특정도 영온도계수를 주어지는 온도가 존재한다. 또 곡선 c와 같이 3차곡선을 그릴 경우 영온도 계수를 주어지는 온도는 2점이 존재한다.

상온 T_1 부터 T_2 의 범위내에서 주파수 영온도계수를 주는 것과 같은 수정진동자는 전체적으로 보아서 그 온도범위에 있어서 주파

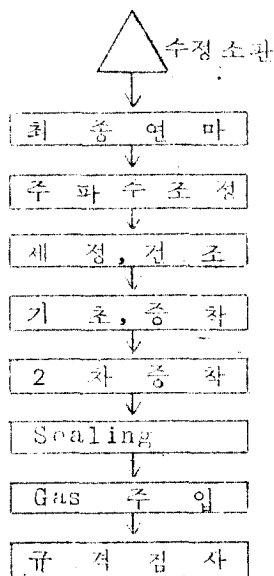
수 변화는 적은 것이므로 보통 이와 같은 특성을 갖는 수정진동자를 영온도 수정진동자라고 부르고 있다.

이와같은 영온도계수 수정을 사용하여 5 차배조파 수정발진자를 제작함이 바람직하므로 본 과제에서는 기성제품을 분해 및 특성분석하여 연구 및 시료품제작을 하였다.

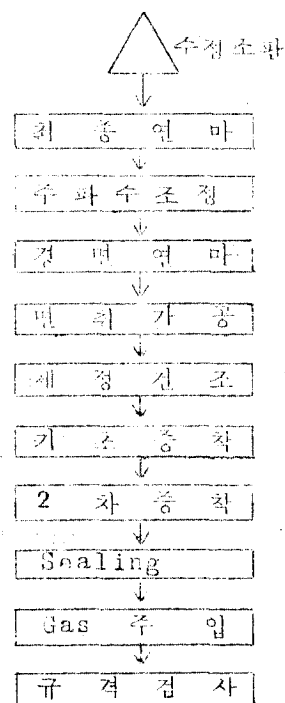
3. 제작공정

수정발진자 제작공정의 3rd over tone와 5th over tone 제작공정을 비교하여 Flow chart 한 그림은 아래와 같다.

3rd over tone 제작공정



5th over tone 제작공정



[그림 3]

가. Lapping

(1) 연마제 재료

카본 랍담

알미늄 옥자이드

산화 세르늄

(2) 연마기기 종류

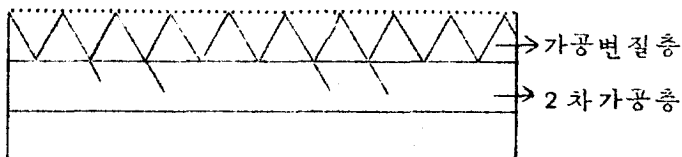
위성치차기구 (Planetary Lapping Machine)

편심기구 (Eccentric Lapping Machine)

경면연마기구 (Polishing Lapping Machine)

(3) 가공변질층

그림 4 에 표시한바와 같이 일반 Lapping에 의해 생긴 가공변질층 및 2 차가공층을 화학처리 (Etching : 48 %불화암모니아용액 60℃에서) 및 Polishing Lapping에 의해 없앤다.



수정소판

[그림 4]

나. Polishing Lapping

Polishing Lapping 가공의 기본사항은 아래와 같다.

(1) 연마제의 粒度는 # 10,000 이상을 사용하여야 한다. (산화 세르늄)

(2) 粘탄성적 성질을 갖는 폴리샤를 사용하여야 한다. (푸라스틱, 나이론, 테푸론 등)

- (3) 포리샤 표면에 대한 가공물의 마찰효과를 크게 한다.
- (4) 포리샤 표면에 대한 가공물의 마찰력 Moment를 될수록 적게 한다.
- (5) Work holder에 가공물을 자유지지 하지 않는다.
- (6) 연삭유로서는 증유수를 사용한다.
- (7) Lapping 주축은 높게 하여 마찰력 Moment를 적게 한다.

다. 화학처리

특성향상과 장기사용시 가져올지모를 특성고화방지 (연마후 수정판표면의 수정 Dust가 떨어져 주파수표유가 되는 원인이라든가 수정판표면의 경화유지)를 위하여 Etching공정은 용액농도 Etching 시간 주파수평면도 유지등과 직접 관계되며 또 부식한계시간의 설정은 Etch pist와 관계되어 평면도의 불균형으로 정재파를 감쇄시켜 주진동 역압의 결과를 가져오는 경우가 있다. 부식액체는 Ammonium Bifloride를 42℃에서의 포화용액에서 사용하는 것이 적당하다.

부식의 최적한계는 $0.5F^2 \sim 1.2F^2$ 으로 하였고 이를 넘기면 실효저항의 증가로 자연 Q가 저하되는 결과를 가져왔다. 더욱이 전극막 증착경도가 불량하여 시험중 발진불량의 사고를 발견케 했다. 제작공정상 X-tal에 붙어있는 수지기타 불순물을 제거하기 위해 아울러 산처리를 해야 했으며 증유수내에서 몇번이고 탕 처리하는 세척을 충분히 시행했으며 이는 양호한 특성의 진동자를 얻는데 불가결의 요건이었다.

Etching 처리과정

- (1) 불화암모니아 : 증유수 = 1 : 5 (부피)

(2) 불화수소 : 증유수 = 48 : 52 (무게)

(3) 세척 (Etching 전) : 초산 트리크로 에치액

(4) 세척 (Etching 후) : 가성가리용액 알콜용해

세 척 과

기름제거	중크롬산가리포화용액	24 시간이상침체
금속제거	암모니아수 (60℃)	30 분이상침체
수지제거	메칠알콜 10 % 벤졸 50 % 초산 30 % 증유수 10 %	침 체
수 세	증유수 및 순수알콜	2 , 3 회 헹굼

4. 시작품 특성

가. C I 특성

시료품으로 사용한 수정의 Diameter 는 12.5mm ϕ 의 것으로 ϕ_e/ϕ_a 의 비는 0.44이고 ϕ_e/t 의 비는 37.7로 하여 제작하였다.

또한 증착에 있어서 진공도는 5×10^{-5} Torr의 상태하에서 Filament current 를 6 A로 하였으며 증착시간을 50 sec로 양면을 동일량으로 하였다.

시료품의 특성은 다음표와 같다.

나. Aging 특성

시료품 수정발진자 16 개를 CI-Meter로 동작시킨상태로 24 시간동안의 Aging 특성을 strip chart recorder로 기록하였다.

※ 특성표는 첨부와 같다.

5. 문제점 및 해결방안

가. 전극막 직경과 CI 관계

시료품으로 사용한 수정의 Diameter는 $12.5\text{ mm} / \phi$ 전극막 직경은 $5.5\text{ mm} / \phi$ 로 고정하여 증착하였으나 전극막직경 ϕ_e 를 변화시켜가며 증착하여 수정 Diameter ϕ_a 에 대한 ϕ_e 의 함수관계를 고찰하여 CI의 최적치를 산출하는 것이 문제점으로 제기되었든바 이를 여러면으로 변화하면서 시험제작한 결과 ϕ_e / ϕ_a 의 비는 0.43으로 하는 것이 최적치임을 실험결과로 발견할 수 있었다.

나. Polishing 한계와 CI 관계

Polishing 방법으로 Work Holder에 수정을 자유지지하여 양면을 20분씩 연마하여 경면가공하였으나 Work Holder에 수정을 접착하여 편면 lapping을 행하여 이 방법에 의한 CI의 변화를 고찰하고 polishing 가공한계를 변화시켜가며 CI특성을 구하여 Polishing 한계치를 산출하는 것이 문제였으나 work holder에 수정을 자유지지하여 한쪽면을 10분씩 연마하면서 변화량을 확인하였든바 단면연마시간을 짧게 자주 변화할수록 CI의 특성이 양호하였다.

6. 결 론

이와같은 작업공정 및 제품특성 분석으로 보아 75년도 연구 과제인 50MHz 이상 80MHz 대의 5배조파 수정발진자 총 16개 (50MHz 대 : 5개, 60MHz 대 : 5개, 70MHz 대 : 3개, 80MHz 대 : 3개) 를 제작, 양호한 특성을 얻었으므로 76년도부터는 본작업공정에 필요한 Planetary lapping machine 및 polishing lapping machine의 원활한 운용으로 국내수요에 충당할 계획에 있다.

시료품 Lapping 특성

A. " 50MHZ 대 "

시료No	Fund Freq	CI	3rd Freq	CI	5th Freq	CI
1	11,395,660HZ	5Ω	34,212,580HZ	30Ω	57,018,840HZ	20Ω
2	11,377,480"	5Ω	34,163,650"	40Ω	56,935,250"	25Ω
3	11,140,000"	5Ω	33,325,080"	30Ω	55,531,450"	30Ω
4	11,244,070"	3Ω	33,728,500"	30Ω	56,203,620"	35Ω
5	11,043,980"	10Ω	33,139,720"	50Ω	55,922,430"	40Ω

B. " 60MHZ 대 "

시료No	Fund Freq	CI	3rd Freq	CI	5th Freq	CI
6	13,132,010HZ	4Ω	39,403,370HZ	50Ω	66,010,000HZ	60Ω
7	13,484,780"	2"	40,477,730"	20"	67,460,050"	30"
8	13,100,810"	3"	39,326,140"	40"	65,539,870"	10"
9	13,269,410"	3"	39,823,820"	60"	66,330,380"	10"
10	13,269,480"	10"	39,832,010"	40"	66,337,070"	10"

C. " 70MHZ 대 및 80MHZ 대 "

시료No	Fund Freq	CI	3rd Freq	CI	5th Freq	CI
11	14,163,176HZ	6Ω	42,402,205HZ	30Ω	71,003,932HZ	40Ω
12	14,463,058"	5"	43,336,223"	40"	72,537,237"	60"
13	14,179,450"	4"	42,539,675"	30"	71,229,326"	55"
14	15,163,173"	4"	45,445,326"	42"	76,198,764"	55"
15	15,167,861"	4"	45,442,510"	40"	75,998,420"	57"
16	15,193,681"	3"	45,512,673"	35"	76,113,236"	50"

시 료 품 Polishing 가공 특성

A. " 50MHZ대 " " 60MHZ대 "

시료No	Fund Freq	CI	3rd Freq	CI	5th Freq	CI
1	11,558,300HZ	3Ω	34,700,920HZ	30Ω	57,835,660HZ	20Ω
2	11,535,340 "	3 "	34,627,870 "	30 "	57,760,970 "	22 "
3	11,394,960 "	3 "	34,257,190 "	20 "	56,970,710 "	15 "
4	11,384,110 "	3 "	34,319,150 "	30 "	56,983,940 "	22 "
5	11,144,280 "	3 "	33,527,110 "	20 "	56,526,330 "	15 "
6	13,043,210 "	3 "	39,131,110 "	30 "	65,538,720 "	40 "
7	13,352,680 "	5 "	40,133,620 "	15 "	66,930,060 "	30 "
8	13,289,840 "	3 "	39,874,560 "	10 "	66,414,880 "	20 "
9	13,465,010 "	3 "	40,421,160 "	15 "	67,366,710 "	10 "
10	13,381,420 "	3 "	40,164,330 "	15 "	66,934,870 "	5 "

B. " 70MHZ대 및 80MHZ대 "

시료No	Fund Freq	CI	3rd Freq	CI	5th Freq	CI
11	14,052,617HZ	4 Ω	42,103,178HZ	25Ω	70,502,369HZ	35Ω
12	14,355,103 "	3 "	43,038,226 "	25 "	72,067,362 "	30 "
13	14,085,234 "	4 "	42,243,627 "	20 "	70,732,045 "	30 "
14	15,073,317 "	3 "	45,168,235 "	35 "	75,623,240 "	40 "
15	15,054,267 "	3 "	45,113,476 "	40 "	75,529,424 "	50 "
16	15,090,167 "	3 "	45,233,697 "	35 "	75,694,642 "	45 "

시료품 C I 특성

A. " 50MHZ 대 및 60MHZ 대 "

시료No	Fund Freq	C I	3rd Freq	C I	5th Freq	C I
1	11,396,180HZ	3 Ω	34,227,940 HZ	15Ω	57,050,130HZ	35 Ω
2	11,350,760 "	2 "	34,092,700 "	15 "	56,826,560 "	22 "
3	11,291,870 "	4 "	33,907,110 "	10 "	56,511,240 "	30 "
4	11,303,240 "	5 "	33,942,940 "	20 "	56,570,860 "	30 "
5	11,032,290 "	5 "	33,128,970 "	15 "	55,215,060 "	35 "
6	13,006,890 "	5 "	39,024,990 "	35 "	65,044,360 "	60 "
7	13,334,210 "	3 "	40,051,520 "	20 "	66,759,260 "	30 "
8	13,091,350 "	2 "	39,328,820 "	15 "	65,550,660 "	20 "
9	13,121,820 "	2 "	39,399,260 "	25 "	65,661,260 "	40 "
10	13,181,930 "	2 "	39,581,540 "	15 "	65,969,860 "	35 "

B. " 70MHZ 대 및 80MHZ 대 "

시료No	Fund Freq	C I	3rd Freq	C I	5th Freq	C I
11	14,002,505HZ	4 Ω	42,001,515HZ	42 Ω	70,012,526HZ	57 Ω
12	14,315,463 "	3 "	42,946,389 "	35 "	71,576,314 "	40 "
13	14,044,876 "	4 "	42,134,628 "	27 "	70,224,378 "	42 "
14	15,026,354 "	3 "	45,079,062 "	30 "	75,131,642 "	45 "
15	15,007,522 "	4 "	45,022,566 "	45 "	75,037,611 "	60 "
16	15,047,806 "	4 "	45,143,418 "	38 "	75,238,927 "	57 "

시료품 Aging 특성

※ " 각주파수별참조 "

