

論 文

탄성표면파 소자를 이용한 가변 주파수 발진기의 설계

正會員 文 建* 正會員 田 啓 石** 正會員 丁 寬 秀***

The Design of Variable Frequency Oscillator using SAW Device

Geon MOON*, Kye Suk JUN** and Kwan Su JEONG***, Regular Members

要 約 본 논문에서는 탄성 표면파 지연특성을 응용하여 외부 여파기와 동조회로를 사용하지 않고 2개의 출력 트랜스듀서를 구성하여 발진 주파수를 가변할 수 있는 새로운 탄성 표면파 발진기에 관하여 연구하였다. 실험결과 탄성 표면파 발진기의 주파수 결정소자로서 사용된 AT-cut 수질의 온도특성은 양적하였으며 가변 주파수 범위는 좁으나 탄성 표면파 소자의 설계에 따라 그 가변범위를 확대할 수 있음을 알 수 있었고 또한 높은 주파수대에서 기본파 발진의 안정성을 확인하였다.

ABSTRACT In this paper, it is studied a novel SAW oscillator by applicating SAW delay characteristics, which can be variable its frequencies by consiting of two output IDT(Inter-Digital Transducer) without external filtering and resonating circuits. The results of experiments showed the temperature characteristics of AT-cut quartz which has been used as frequency-determing substrate of SAW oscillator was good. Though the variable frequencies range was narrow but the experiments showed the possibility to broaden its frequencies range by design of SAW device, and also conformed the stability of fundamental wave oscillating in high frequency range.

1. 서 론

탄성 표면파(SAW : Surface Acoustic Wave)가 갖는 특징인^{(1),(2)} 공간 전파속도보다 SAW 전파속도가 10⁵배 정도 느린 점을 이용하여 지연시간 소자를 소형으로 제작 가능하고 SAW 전파로의 임의의 위치에서 정보검출이 쉽고 위상과 진폭을 독립하여 설계되므로 다양한 응용을 할 수 있다. 다른 소자가 갖지 않는 이런 특징을 이용하는 활발한 연구와 응용이 이루어지고 있다. 기존 벌크 수정소자의 발진기는 VHF대에서는 수정두

께의 한계때문에 동조회로와 증폭회로로 구성한 고조파 체배방식을 쓰고 있다.

이 방식은 외부회로에 의한 주파수 안정저해 요인을 내포하게 된다. 본 연구에서는 동조회로를 사용하지 않고 높은 주파수까지 기본파 발진이 가능한 SAW의 발진 주파수를 가변시키는 방식을 설계실험하여 결과를 기존 벌크 발진기의 비교 검토하였다.

2. SAW지연선의 전달특성

SAW의 전달함수특성은^{(3),(6)} 입력 트랜스듀서(IDT : Inter-Digital Transducer)에 의해서, 그리고 위상특성은 전극의 간격에 의하여 결정되며 진폭특성은 전극의 overlap에 의해 좌우된다.

그림 1은 SAW 전달함수의 등가회로⁽³⁾이다. 주파수 전달함수를 $H(f)$ 라 하면

$$H(f) = \frac{V_0}{V_i} = \sum_{n=1}^N A_n \cdot \exp(-j2\pi D_n) \quad (1)$$

* 群山水産專門大學通信科
Dept. of Communication Engineering, Kunsan Fishery Junior College, Jeollabuk-Do, 511 Korea

*** 慶熙大學校工科大學電子工學科
Dept. of Electronic Engineering, Kyunghee University Seoul, 132 Korea
論文番號 : 83-21 (接受 1983. 10. 12)

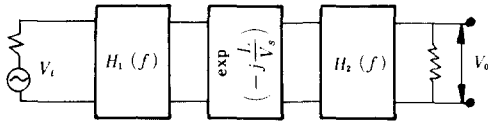


그림 1 전달함수 등가회로.
Equivalent circuit of saw delay-line.

와 같고, 여기서 A_n : 신호진폭, D_n : 전달지연시간이다. 입력신호 임펄스 함수를 $h(t)$ 라 하면 $H(f)$ 는 Fourier변화에 의해 구할 수 있다.

$$H(f) = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) \cdot \exp(-j2\pi ft) dt \quad (2)$$

전극배열이 등간격 배열이고 정현파가 인가된 경우에 입력을 단위 임펄스인 경우 방사 권덕턴스와 전달함수관계는 $G_a = 2|H(f)|^2$ 과 같으므로

$$G_a(f) = G_0 \frac{\sin^2 x}{x^2} \quad (3)$$

와 같이 된다. 식(3)에서 G_0 는 방사 권덕턴스 최대치이고 $G_0 = 8k^2 \cdot C_s \cdot f_0 \cdot N^2$ 와 같고 $x = N\pi(2\pi f - 2\pi f_0)/2\pi f_0$ 가 된다.

식(3)은 Endfire Array안테나 방사 권덕턴스와 같은 특성이 됨을 알 수 있다. 수비임대역폭은

$$BW = \frac{N+1}{N} f_0 - \frac{N-1}{N} f_0 = \frac{2}{N} f_0$$

가 되며 입력전극 쌍수(N)에 반비례하며 방사 권덕턴스와 주파수 관계는 그림 2와 같으며 동조 주파수(f_0)에서 방사 권덕턴스가 최대가 됨을 나타내고 있다.

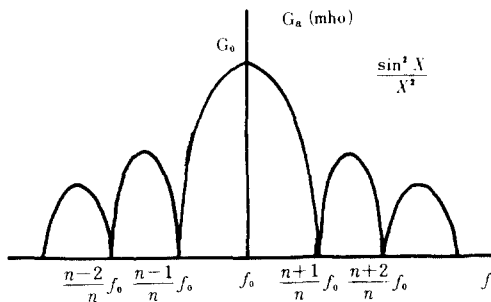


그림 2 주파수와 방사 권덕턴스
Freq. & radiating conductance.

3. SAW발진기 이론

SAW발진기 기본 구성도는⁽⁴⁾ 그림 3과 같다. 일반 제화발진조건과 마찬가지로⁽⁴⁾ SAW발진조건은 $2\pi fl/V_s + \phi = 2n\pi$ 가 된다.

l : 임종력 트랜스듀서 간격

V_s : SAW 전파속도

ϕ : 증폭기 위상차

n : 임의의 정수

$\phi=0$ 인 경우 식(4)는 $f = nV_s/l$ 가 되며 n 에 따른 f 는 무수히 많게 된다. 각 주파수 성분의 간격을 일정하고 그 차의 주파수를 f_a 라 하면 $f_a = f_n - f_{n-1} = V_s/l$ 과 같이 된다. 단일 주파수 발진 방식으로⁽⁵⁾ 여러 개의 주파수 중에 동조 주파수(f_0)를 방사 권덕턴스의 최대점에 오도록 설계하고 그 외 주파수는 모두 영점에 오게 하면 f_0 만이 출력으로 나타나게 되는 방식을 많이 응용하고 있다.^{(5),(6)}

가변 발진을 위해서는 자연시간에 따른 동조 주파수가 높리게 되므로 거리차를 두어서 2개의 출력 트랜스듀서를 사용하면 각각 다른 주파수에서 동조점이 형성된다. 만약 거리차를 $\lambda_0/4$ 만큼 두면 각 동조 주파수는 $f_0 = nV_s/l$ 와 $f'_0 = nV_s/(l + \lambda_0/4)$ 가 된다. 이 때 2개의 출력 트랜스듀서의 신호를 가변지향으로 합성하면 각각의 방사 권덕턴스로 지향치에 따라 감소되어서 합성된다. 지향치를 각 출력 트랜스듀서에 틀리게 하면 합성 방사 권덕턴스의 최대점이 지향 감소치 비율에 따라 변화하게 된다. 즉 가변 지향치의 중심점 이동에 따라서 최대점의 중심 주파수도 같이 이동이 되며 발진회로의 중심이득이 최대점에서 1보다 크게 하고 나머지 다른 주파수에서는 1보다 작게 하여 감쇠진동으로 세력이 없

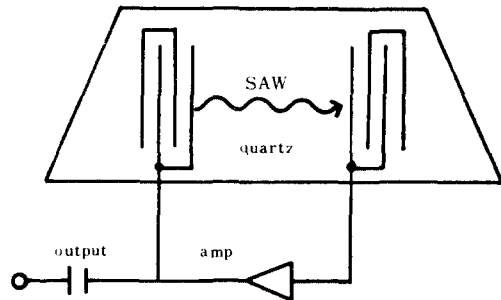


그림 3 SAW발진기 기본 구성도
Basic diagram of SAW osc.

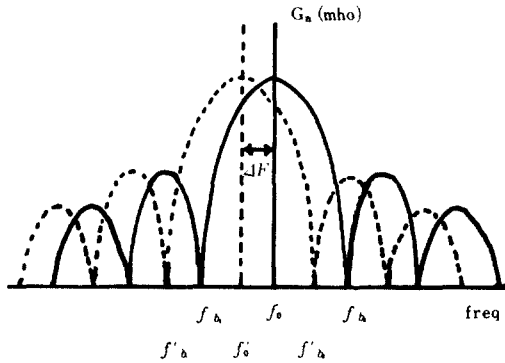


그림 4 설계에 의한 주파수 분포도
Designed freq. spectrum.

여지계 증폭기 이득을 설정하면 최대점의 중심 주파수만이 발진세력으로 출력에 나타나게 되는 원리를 이용하였다.

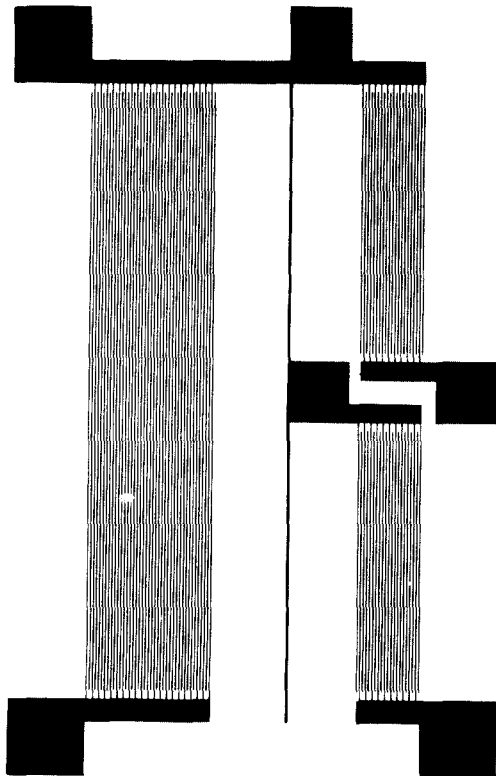


사진 1 완성된 마스크 필름
Completed SAW masking film.

4. 설계 및 제작

SAW의 기판재료로는 온도특성이 좋은 AT-cut 수정을 사용하였고 확대도면은 오차를 최소로 하기 위하여 전극폭 및 간격을 2mm로 하여 루비 퀴에 세도하여 $4 \times 2 \times \sqrt{200} = 113.137$ 배로 세번의 축소과정을 거쳐 마스크 필름을 제작하였다. 실제 SAW소자의 전극의 간격과 폭은 $\lambda_0/4$ 이므로 $\lambda_0 = 2 \times 4 \times 10^{-3} / 113.137 = 70.71 (\mu\text{m})$ 이고 $\lambda_0/4 = 17.68 (\mu\text{m})$ 가 된다. SAW속도가 AT-cut 수정에 사는 3,158(m/s)이므로

$$f_0 = \lambda_0 / V_s = 44.66 (\text{MHz})$$

이고

$$f'_0 = 44.382 (\text{MHz})$$

가 되며

$$\Delta f = f_0 - f'_0 = 378 (\text{kHz})$$

가 된다. Δf 는 가변 주파수 범위가 된다.

입출력 트랜스듀서의 간격은 $l = 2N\lambda_0$ 로 하였고 $N=20$, $M_1=10$, $M_2=10$ 쌍으로 M_1 과 M_2 의 간격을 $\lambda_0/4$ 로 설계하였다. 설계에 따른 SAW소자 제작은 Negative 마스크 필름을 사용하여 Lift-off 방식으로 순도 99.9%알루미늄을 전극으로 증착시켰고 감광제로는 Positive photoresister인 AZ-1350B를 사용하여 제작하였다. 설계에 의한 주파수 분포도는 그림 4와 같고 사진 1은 마스크 필름을 나타낸다.

SAW 손실 보상용 증폭기는 고주파용 TR 4단 증폭하여 최대이득 42dB, 주파수 대역 15MHz-50MHz로 본 실험 주파수대에서 안정하게 선형적

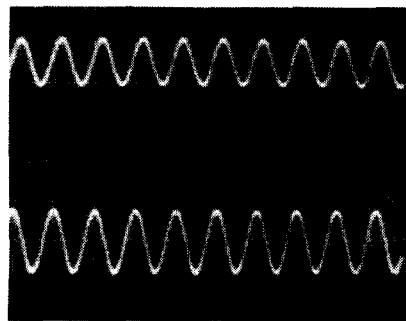


사진 2 증폭기 입출력 파형
In/output waveforms of amp.

으로 동작이 되었다. 사진 2는 증폭기 입출력 파형을 비교한 것이다.

5. 실험 및 결과

먼저 증폭기 특성을 체크하고 실험장치를 그림 5와 같이 구성하였다.

실험은 먼저 SAW소자의 주파수 특성을 스펙트럼 분석기로 측정결과 설계 이론과 거의 일치됨을 확인하였고 증폭기의 위상특성은 오실로스코프로 측정하여 입출력이 동상이 되도록 조정하였다. SAW를 발진상태로 동작시켜 출력합성가변저항을 변화시키면서 주파수 측정 및 SAW기판을 가열하여 온도상승에 따른 주파수 안정도를 체크하였다. 온도특성은 매우 양호하여 70°C까지 온도상승에도 주파수 변동없이 안정됨을 확인하였다. 가변특성은 저항치 변화에 따른 주파수 변동이 비직선성을 나타냈고 어떤 순간에 불안정 상태가 있었으나 증폭기 이득을 조금 조정하면 곧 안정상태가 되었다. 원인분석결과 합성 방사 콘덕턴스의 최대값 크기에 차이가 생기는데 있음을 확인하였다. 이것을 설계시에 입력 주파수 간격을 넓게 하여 증폭기 이득을 충분히 높게 하면 해결이 될 수 있다.

사진 3은 SAW소자 스펙트럼 분포특성이고 사진 4는 SAW의 발진 주파수 스펙트럼이며 사진 5는 SAW발진기의 발진 주파수 파형이다.

6. 결 론

SAW소자의 지연특성을 이용하여 가변 주파수 발진기를 설계하여 제작실험한 결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) SAW기판을 상온에서 70°C까지 변화시켜도 발진 주파수에는 변동이 없음을 확인하였고 이것은 온도특성이 우수함을 나타낸다.

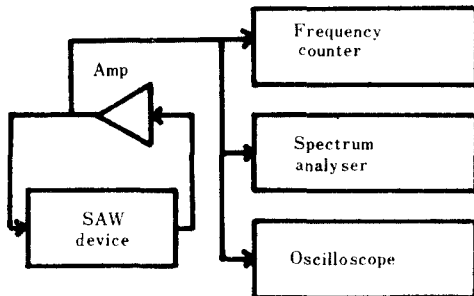


그림 5 실험장치 구성도
Block diagram of experiments apparatus.

(2) 동조회로를 사용하지 않고 VHF 주파수대역에서 기본파 발진을 얻을 수 있었고 그 출력도 가변의 특성을 증명하였다.

(3) 회로의 복잡성을 있으나 위상보상회로를

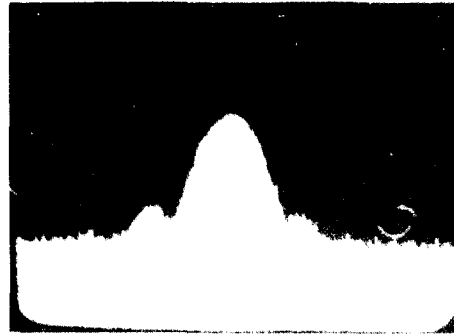


사진 3 SAW소자 주파수 스펙트럼
SAW freq. spectrum.

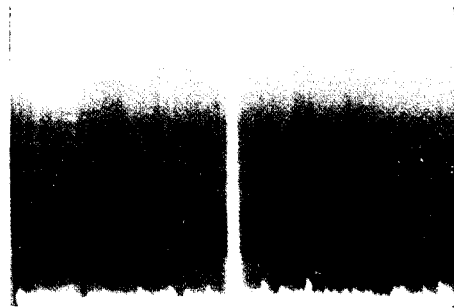


사진 4 발진 주파수 스펙트럼
Oscillating freq. spectrum.

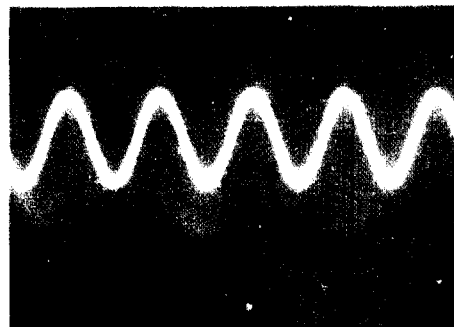


사진 5 발진 주파수 파형
Waveform of SAW osc.

부가하면 더욱 안정도를 높일 수 있다.

(4) 주파수 가변 중에 발진 불안정되는 점을 증폭기의 이득을 조정하지 않고 해결하는 것과 가변 주파수 범위를 넓히는 문제는 앞으로 더 연구 해결할 과제이다.

이와 같이 SAW 발진기는 기존 벌크 발진기보다 높은 주파수에서 채택없이 외부 동조회로를 사용하지 않고 기본파 발진으로 그 주파수를 가변시킬 수 있음을 본 연구를 통하여 확인하였다. 설계 및 제작의 성밀성을 부여하고 좀 더 보완한다면 여러 분야에 이용될 수 있음을 확신한다.

参 考 文 献

(1) 황금산, "SAW technology," 전기학회지(한국), 제30

권, 3호, pp.22-28, 1978.

- (2) 변상기, "단정표면과 동조에 관한 연구," 연세대학교 석사 학위 논문, pp.1-53, 1978.
- (3) W. R. Smith, H. M. Gerard, "Analysis of interdigital surface wave transducers by use of an equivalent circuit model," IEEE. Trans. vol. MTT-17, no.11, pp. 856-864, 1969.
- (4) M. F. Lewis, "Oscillators-the next successful surface acoustic wave device," Ultrasonics, pp.115-123, 1974.
- (5) I Browing, J Crabb and M. F. Lewis, "A SAW frequency synthesizer," Ultrasonics symposium proceedings, pp.254-247, 1975.
- (6) Herbert Mattews, "Surface wave filters design construction, and use," Willy interscience publication N. Y. pp. 1-521, 1977.



文 建(Geon MUN) 正會員
 1947年 2月 9日生
 1969年 2月: 韓國航空大學通信工學科卒業
 1983年 8月: 慶熙大學校大學院電子工學科卒業(工學碩士)
 1983年 9月: 慶熙大學校大學院電子工學~現在 科博士過程 在學中
 1983年 8月: 通信技術士
 1983年現在: 國立群山水產專門大學 通信科專任講師



田 啓 石(Kye Suk JUN) 正會員
 1946年 9月 30日生
 1969年 2月: 延世大學校電氣工學科卒業
 1973年 2月: 延世大學校大學院電氣工學科卒業(工學碩士)
 1983年 8月: 延世大學校大學院電子工學科卒業(工學博士)
 1983年現在: 慶熙大學校電子工學科副教授



丁 寬 秀(Kwan Soo CHUNG) 正會員
 1944年 3月 11日生
 1967年 2月: 延世大學校電氣工學科卒業
 1978年 8月: 延世大學校大學院電子工學科卒業(工學碩士)
 1980年 3月~現在: 延世大學校大學院電子工學科博士過程履修中
 1980年 9月~現在: 慶熙大學校電子工學科助教授