

반성포면파 소자를 이용한 가변주파수 발진기의 설계

83319

오 문 건*, 전 계 석**, 정 관 수
 * 근산수산전문대학 ** 경희대학교

The Design of Variable Frequency Oscillator
 Using SAW Device

오 문 건, Kye Suk Jun, Kwan Su Jeong
 Kunsan Fishery College Kyung Hee Uni. Kyung Hee Uni.

그림 1은 SAW 전달함수의 등가회로이다.

ABSTRACT

It is described a novel SAW oscillator which can be varriable its frequenis by using two output IDT. The results show that frequencies stability is good and variable frequencies range can be broaden by design of IDT.

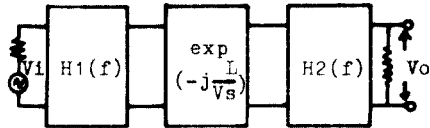


그림 1 전달함수 등가회로
 Equivalent circuit of SAW delay-line

1. 서 론

SAW(Surface Acoustic Wave) 소자가 갖는 특징으로 (1) 종래 발크소자에 비해 소형이고 SAW 전파로상의 임의의 위치에서 정보검출이 용이하고 위상과 진폭을 분리시켜 가동하다는 잇점으로 현재 많은 연구와 응용이 이루어지고 있다.

기존 발크 수정소자 발진기는VHP이상에서는 두께의 한계점 때문에 칩에 의한 방식으로 외부동조 회로 및 증폭회로를 사용하므로써 주파수 안정성을 저하시키는 요인을 많이 내포하게 된다.

본 연구에서는 높은 주파수까지 기본파 발진이 가능한SAW소자를 사용하여 그 주파수를 가변하는 방식을 설계에 의해 제작하여 실험을 하여 그 결과를 안정성 면에서 기존 발크 발진기와 비교 검토 하였다.

2. SAW 지연선의 전달 특성

SAW의 전달함수 특성은(2) 입력 트랜스듀서 (IDT:Inter-digital Transducer) 와 출력 트랜스듀서에 의해 결정되며 위상 특성은 전극의 간격에 의하여, 진폭은 전극의 overlap 에 의해 결정된다.

주파수 전달함수를 H(f) 라 하면

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

와 같고, An: 신호진폭, Dn: 전달지연시간 이다. 입력신호 임펄스 함수를 h(t)라하면 H(f)는 Fourier 변환에 의해 구함수 있다.

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

전극 배열이 등간격 배열이고 정현파가 인가된 경우에 입력을 단위 임펄스인 경우 방사본딩턴스와 전달함수 관계는 $G_a = 2 |H(f)|^2$ 과 같으므로

$$|a(f)| = G_o \frac{\sin^2 x}{x^2} \dots\dots\dots(3)$$

와 같이 된다. 여기서 식 (3)에서 G_o 는방사본딩스 최대치 이고 $G_o = 8k^2 C_s \cdot f_o \cdot N^2$ 와 같고

$$x = N\pi(2\pi f - 2\pi f_o) / 2\pi f_o \quad \text{가 된다.}$$

식(3)은 Endfire Array 안테나 방사본딩턴스와 같은 특성식이 됨을 알수 있다.

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

가 되며 입력전극 쌍수(N)에 반비례하며 방사본딩턴스와 주파수 관계는 그림 2 와 같다.

동조 주파수에서 방사본딩턴스가 최대치가 됨을 나타내고 있다.

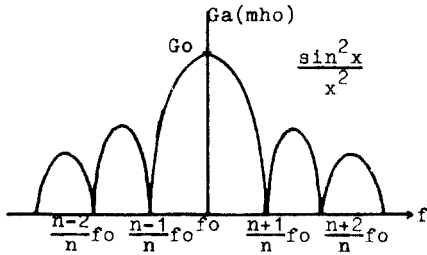


그림 2 주파수와 방사콘덕턴스
Freq. & radiating conductance

3. SAW 발진기 이론

SAW 발진기 기본 구성도는 그림3 과 같다.

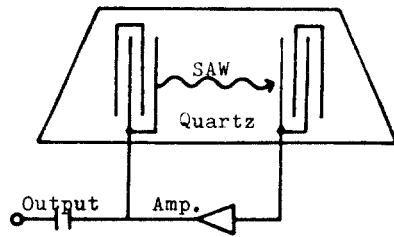


그림 3 SAW 발진기 기본 구성도
Basic diagram of SAW OSC.

일반 변환 발진조건과 마찬가지로 (4) SAW 발진 조건은 $2\pi fL/Vs + \phi = 2n\pi$ 으로 된다.
 L : 입출력 트랜스듀서 간격, Vs : SAW 전파속도
 ϕ : 증폭기 위상차, n : 임의의 정수
 $\phi=0$ 인 경우 식(4)는 $f=nVs/L$ 가 되며 n 에 따른 f 는 무수히 많게 된다. 각 주파수 성분 의 간격은 일정하고 그 차이 주파수를 f_d 라면 $f_d=f_n-f_{n-1}=Vs/L$ 와 같이 된다.
 단일 주파수 발진 방식으로는 (5) 여러개의 주파수 중에 동조 주파수(f_0)를 방사 콘덕턴스의 최대값에 오도록 설계하고 그의 주파수는 모두 임의에 오게 하면 f_0 만이 출력으로 나타나게 되는 방식을 많이 응용이 되고 있다.
 가변 발진을 위해서는 지연시간에 따른 동조 주파수가 물리적으로 거리차를 두어서 두개의 출력 트랜스듀서를 사용하면 각각 다른 주파수에서 동조점이 형성 된다.
 만약 거리차를 $\lambda_0/4$ 만큼 두면는 각 동조주파수는 $f_0=nVs/L$, $f'_0=nVs/(L+\lambda_0/4)$ 가 된다.

두개의 출력 트랜스듀서를 가변지향으로 함으로써 각각의 방사 콘덕턴스도 지향각에 따라 감소되어서 형성되게 된다. 이때 지향각에 의한 감쇠치를 각 출력 트랜스듀서의 물리적 각도 함양 방사 콘덕턴스의 최대값을 따라서 변화가 된다. 즉 가변 지향각에 따라 최대값이 이동하게 되면 발진회로 중 한이득이 최대값에서만 1 보다 크도록 증폭기 이득을 설계하면 최대값의 주파수만이 발진체현으로 출력에 나타난다.

4. 설계 및 제작

SAW의 기관 재료는 온도특성이 우수한 AT-cut 수정을 사용하였고 황태 도면은 오차들 최소로 하기 위하여 전극 폭 및 간격을 2mm로 하여 무박 패이퍼에 제도하여 $4x2x\sqrt{200}=113.137$ 배로 축소하여 마스크 필름을 제작 하였다.

실제 SAW 소자의 전극의 간격과 폭은 $\lambda_0/4$ 이므로 $\lambda_0/4=2x10^{-3}/113.137=17.68(\mu m)$ 가 되며 $\lambda_0=70.71(\mu m)$ 가 된다.

SAW 속도가 AT-cut 수정에서는 3,158(m/s) 이므로 $f_0=\lambda_0/Vs=44.66(Mhz)$ 이고 $f'_0=44.382(Mhz)$ 가 된다.

이때 가변 주파수 폭 $\Delta f=f_0-f'_0=378(Khz)$ 가 된다. 입출력 트랜스듀서의 간격은 $L=2N\lambda_0$ 로 하였고 $N=20$, $M_1=10$, $M_2=10$ 장으로 M_1 과 M_2 는 $\lambda_0/4$ 의 간격을 두고 설계 하였다.

설계에 따른 SAW 소자 제작은 Negative 마스크 필름을 사용하여 Lift-off 방식으로 순도 99.9% 알미늄을 전극으로 증착 시켰다. 감광제로는 Positive photoresister 인 AZ-1350B 을 사용하였다. 설계에 의한 주파수 분포도는 그림4 와 같고 사진 1 은 마스크 필름의 황태 사진 이다.

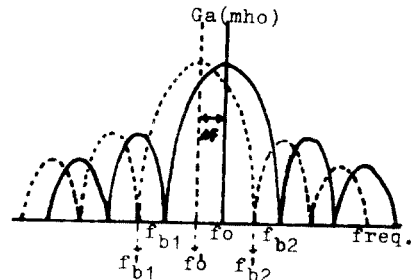


그림 4 설계에 의한 주파수 분포도
Designed freq. spectrum

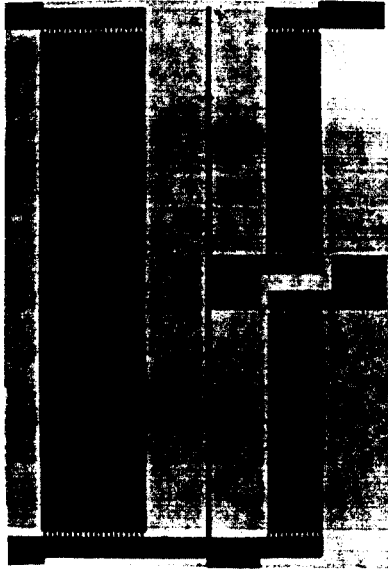


사진 1 완성된 마스크 필름

Completed SAW masking film

SAW 손실보상용 증폭기는 고주파용 트랜지스터 4단 증폭을 하여 최대이득이 42dB이고 주파수 대역이 15MHz-50MHz로 사용주파수역에서 손실값으로 안정하게 동작이 되었다.

사진 2는 사용 주파수역에서 증폭기 입출력 파형용 비교한 것이다.

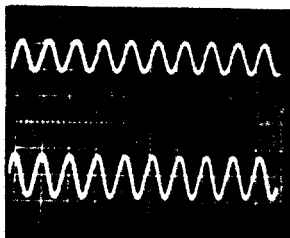


사진 2 증폭기 입출력 파형

In/Output wave form of Amp.

5. 실험 결과

먼저 증폭기 특성을 체크하고 실험장치를 그림 5와 같이 구성하였다.

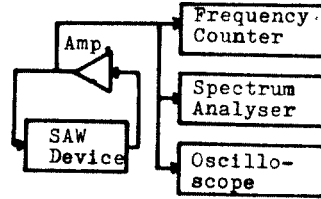


그림 5 실험장치 구성도

Block diagram of experiments apparatus

실험은 먼저 SAW 소자의 주파수 특성을 스펙트럼 분석기로 체크한 결과 실험에 이론과 거의 일치됨을 확인하였고 증폭기의 위상특성은 오실로스코프로 측정하여 입출이 동상이 되도록 조정 하였다. SAW를 발진상태로 동작시켜 출력함상 가변저항을 변화시키면서 주파수 특성 및 SAW기판을 가열하여 온도상승에 따른 주파수안정도를 체크하였다. 온도특성을 매우 양호하여 70°C까지 온도상승에도 주파수변동 없이 안정됨을 알 수 있었다. 가변특성은 저항치 변화에 따른 주파수 변동이 비직선성을 나타냈고 어떤점에서 불안정 상태가 있었으나 증폭기 이득을 조금 조정하면 큰 안정 상태가 되었다. 본 실험과 합성방사 본드믹스의 최대값 크기가 차이가 생기면 대원인의 있음을 확인 하였다.

사진 3은 SAW소자 스펙트럼 분석도 특성이고, 사진 4는 SAW의 발진 주파수 스펙트럼이며, 사진 5는 SAW발진기의 발진 주파수 특성이다.

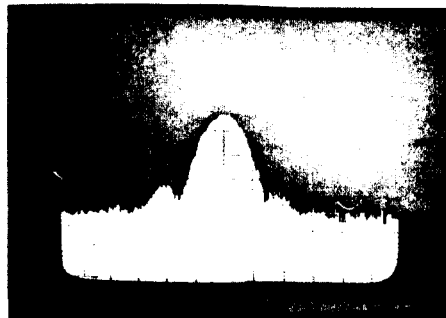


사진 3 SAW소자 주파수 스펙트럼

SAW frequency spectrum

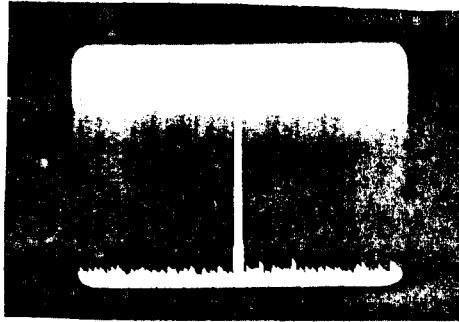


사진 4 발진 주파수 스펙트럼
Oscillating frequency
spectrum

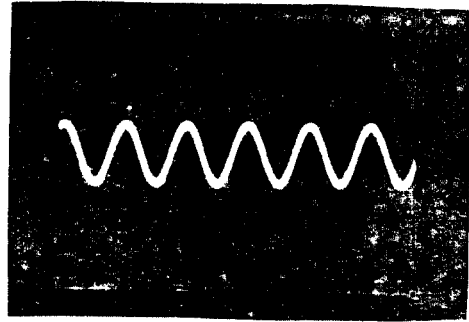


사진 5 발진 주파수 파형
Wave form of SAW Osc.

6. 결 론

SAW 소자를 제작하여 가변 주파수 발진기를 구성하여 실험한 결과를 종합하면

- 1). 동조회로 없이 높은 주파수에서 안정된 발진이 이루어짐을 확인하였다.
- 2). SAW 소자의 제작상의 복잡으로 오차를 줄이기 위해 정밀한 설계 제작 설비가 요구된다.
- 3). 온도특성이 상온에서 70°C 까지 변화에도 안정됨을 확인 되었고 온도 특성이 우수하다.
- 4). 회로의 복잡성은 있으나 증폭기에 위상 보상 회로를 추가 하면 더욱 안정이 된다.
- 5). 가변중에 발진 불안정 점을 증폭기의 이득을 조정 없이 해결하는 것과 가변 주파수 범위를 넓히는 문제는 앞으로 연구해야 할 과제이다.

라는 결과를 얻었다.

SAW 발진기는 기존 벌크 발진기 보다 높은 주파수에서 체배 없이 외부 동조회로를 사용하지 않고 안정된 가변 발진을 함을 본 연구를 통하여 확인하였고 좀더 보안을 하려는 많은 응용이 이루어질 수 있을 것으로 기대된다.

7. 참 고 문 헌

- (1) 황금찬, "SAW TECHNOLOGY " 전기학회지 (한국), 제30권, 3호, pp. 22-28, 1978
- (2) 변상기, "탄성표면파 특성에 관한 연구" 연세대학교 석사학위 논문, pp. 1-53, 1978
- (3) W.richard Smith, Henry 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, May, 1974
- (5) I. Browning, J. Crabb and M.F. Lewis, " A SAW Frequency Synthesizer" Ultrasonics Symposium Proceedings, pp.245, 247, 1975
- (6) Herbert Matthews, "Surface Wave Filters Design Construction, and Use " Wiley Interscience Publication N.Y. pp. 1-521, 1977