

양방향 통신 장치 제작 및 분석

유일현
세명대학교 정보통신학부

The fabrication and the analysis on a communication device for bilateral

Il-hyun You

Department of Information Communication Technology, Semyung University

요 약 양방향 통신 장치를 설계 및 개발하기 위한 조건을 구하기 위해 36° LiTaO₃ 기판 위에 전극을 형성시켰으며, 전극 재료로는 Al-Cu(W 30%)를 이용하였다. 이 방법으로 3가지 서로 다른 샘플 전극을 제작했으며, 주파수 특성, 리플특성 및 대역범위가 유사한 두 전극을 선택 후, 직렬로 연결하여 양방향 통신 장치를 만들었다. 직렬 연결한 양방향 장치 특성은 다른 샘플 전극보다 좋은 결과를 얻었으며, 주파수는 대략 190.3MHz로 측정되었으며, 반사기와 전극 폭을 각각 $1\lambda/4$, $1\lambda/12$ 로 하였다. 이 결과들을 바탕으로 향후, 다중 채널을 이용한 통신 소자 개발은 물론 듀플렉스 필터 제작에도 도움을 줄 것을 희망한다.

주제어 : 쌍방향, 공진기, 반사기, 탄성파 완충기, 반사 손실

Abstract We have studied the optimal conditions for design and development on the communication device for a bilateral, and its electrodes for transmitting electric signal are constructed on the 36° rotated LiTaO₃ substrate by evaporating Al-Cu(W 30%) alloy. At first, we manufactured three kind of samples using this method, and selected two samples as similar with frequency, ripple and passband characteristics, and then we connect two samples by series in order to make bilateral devices. As results, we obtained that the electrode structure has better characteristics than the others, when its width of reflector and electrode are $1\lambda/4$, $1\lambda/12$ respectively, and its frequency is approximately 190.3MHz. Near future, I hope to help the manufacture for communication devices for the multi-channel and the duplex filter.

Key Words : Bilateral, Resonator, Reflecting Electrode, Elastic wave buffer, Return loss

1. 서론

요즘 활발히 연구하고 있는 양방향(Bilateral) 통신은 물론 2차원 영상 및 3차원 영상 등 여러 분야에서 활용되고 있다[1-3]. 쌍방향 이동 통신용 단말기를 형성하는 부품은 능동소자와 수동소자로 구분되며, 양방향 필터는 전파특성을 이용하는 수동 소자에 해당한다[4]. 양방향

소자란 신호의 송수신 역할을 담당하는 두 개의 전극용 필터를 갖고 있으며, 송수신 주파수간 간섭을 억제하는 구조를 갖고 있어야 한다[5]. 이는 입력단의 전기적인 신호를 출력단으로 전달시켜 야기되는 또 다른 전기적 신호를 감지하는 구조로 괄목할만한 발전과 성과를 나타내고 있다[6-8].

또한, 이와 같은 필터는 기하학적인 구조에 의해 주파

*This paper was supported by the Semyung University Research Grant of 2016.

*Corresponding Author : Il-hyun You(ihyou@semmyung.ac.kr)

Received February 13, 2018

Accepted April 20, 2018

Revised March 05, 2018

Published April 30, 2018

수 특성이 결정되기 때문에, 원하는 주파수를 얻기 위해서는 적절한 전극구조를 기획하고 설계변수들이 매우 중요하다[9]. 따라서 이동통신용 단말기에도 적합한 부품이지만, 유전체 필터에 비해 전력의 내구성 및 설계상의 어려움이 있다[10,11]. 이러한 필터의 단점을 해결한 중요한 과정은 송수신 역할을 하는 직렬 혹은 병렬로 연결된 공진기들의 전기용량 비와 두 공진기 사이의 공명 주파수 차이로 어느 정도 극복할 수 있었다. 따라서 좀 더 전력 내구성 및 소형화를 이루기 위해서는 전극구조 및 기하학적인 형태에 대한 개발도 시급하다[12,13].

본 연구에서는 전극재료로는 Al-Cu(W 3%) 합금을 이용하였으며, 기판으로는 36° Lithium Tantalate를 이용하였다. 제작한 양방향 디바이스의 전체적인 구조는 일반적으로 사용되는 사다리꼴 공진기를 채택하였으며, 궁극적으로는 직렬공진기형태를 가진 전극이다[14,15].

2. 이론적 배경

통신 소자에서 입력과 출력 사이에 원활한 전기적인 정보 및 신호의 소통을 위해서는 기판의 재질이 중요한 변수이기 때문에 기판의 재질의 특성에 맞추어 양질의 신호 전달효과를 얻기 위해서는 기본적인 전극형태를 갖추어야 한다. 따라서 기본적인 전극 구조에 추가되는 반사기 폭을 조절하거나, 반사기 형태를 단락형과 개방형으로 위치나 형태를 조절하게 되면 최적의 필터를 구성할 수 있게 된다. 그리고 신호 전달시 야기되는 기판 위에 형성된 전극에서의 반사 및 파동의 속도 또한 고려되어야만 한다.

일반적으로 기판위에서 파동 속도는 반사는 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{\Delta v}{v_f} = D_k \left(\frac{k^2}{2} \right) + \eta D_m \left(\frac{H_m}{\lambda} \right) \quad (1)$$

전극에서의 속도는

$$\begin{aligned} v_{sg} &= v_f \left(1 + \frac{\Delta v}{v_f} \right) \\ &= v_f \left(1 + D_k \left(\frac{k^2}{2} \right) + \eta D_m \left(\frac{H_m}{\lambda} \right) \right) \end{aligned} \quad (2)$$

주어진다.

여기서, v_f 는 전파속도, k^2 은 전기 결합계수, H_m 은 증착 필름의 두께, λ 는 음파의 파장, η 은 전극재질의 비를 나타낸다.

전극에서의 반사계수는

$$\begin{aligned} r &= j k^* \\ &= j \left[R_k \left(\frac{k^2}{2} \right) + R_m \left(\frac{H_m}{\lambda} \right) \sin(\pi \eta) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

이다.

여기서,

$$D_k = -\frac{1}{2} \left[\cos(\pi \eta) + \frac{P_s(-\cos(\pi \eta))}{P_{s-1}(-\cos(\pi \eta))} \right] \quad (4)$$

$$R_k = -\frac{1}{2} \left[\cos(\pi \eta) + \frac{P_s(-\cos(\pi \eta))}{P_{s-1}(-\cos(\pi \eta))} \right] \quad (5)$$

이며, P_s 는 위상을 나타내는 함수이다,

3. 전극 형성 방법

원활한 신호 전달을 위한 전극은 박막 형성기술을 사용하여 기판 위에 형성시켜 제작하였다. 습식세정 및 플라즈마 세척을 한 기판 위에 전극재료로는 Al-Cu(W 3%) 합금을 사용하였으며, D.C.-Magnetron sputter를 이용하여 150℃에서 증착하였으며, 두께는 2,500~5,000 Å였다.

이때, 소자 제작에 사용한 포토마스크는 예상한 전극 제원을 기초로 CAD를 써서 0.05μm이상의 정밀도를 갖는 주사선으로 제작하였다. 본 연구에서는 적절한 전극 조건을 찾기 위하여 서로 다른 3 가지 종류의 새플 소자를 제작하였고, 기판에서의 탄성과 속도는 전극이 없는 기판에서는 대략 2,740m/s 정도였으며, 전극이 증착된 경우에는 대략 2,890m/s 정도였다.

공정이 끝난 기판은 19 x 6.5 mm, 24 x 9mm로 절단하여 packaging한 후 측정하였다. 측정은 제작된 필터의 입출력 단자에 맞게 측정 치구를 제작하였으며, 필터의 입출력 단에서의 전자파를 차단시키기 위하여 동판으로 치구의 중앙을 차폐하였다. 필터의 중단을 각각 50Ω 으로 입 출력 단을 동조(Tune-up)시켰다. Fig. 1은 전극으로부터 나오는 탄성과신호 전달체계를 간략히 도시한 것이다.

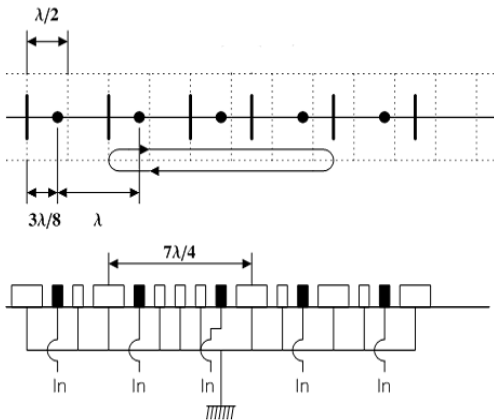


Fig. 1. A schematic for the signal propagation

Fig. 1에서 점들은 디바이스 전극(Electrode)들 이고, 좁고 넓은 흰색 사각형들은 접지와 반사기를 각각 나타낸다.

Fig. 1에서 나타냈듯이 전달되는 신호와 반사파 사이에서 간섭과 잡음(Noise) 등과 같은 불필요한 현상을 야기하기도 한다. 따라서 이러한 영향을 줄이기 위해서 신호와 반사파 사이에서 위상변화(Phase shift)의 조건을 찾는 것이 과제라 할 수 있다. 그리고 반사기에 의한 Phase shift는 기관의 종류에 따라 위상이 달라지며, 전극에서의 반사는 반사기의 폭이나 간격에 영향을 받을 뿐만 아니라, 기관의 재질에 따라 반사 음파의 위상이 바뀌게 된다. 따라서 Fig. 2처럼 기관의 재질에 따라 반사기를 slit 형태로 직렬로 연결한 다음, 단락(Short)형과 개방(Open)형으로 완성하면 최적의 필터를 구성할 수 있게 된다.

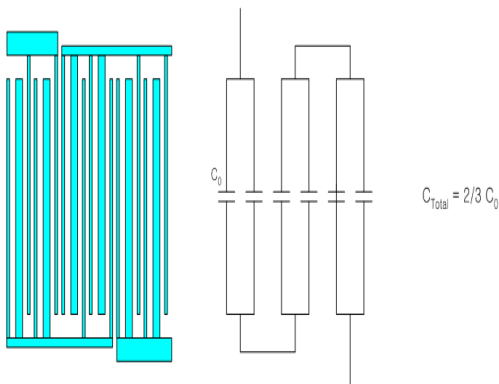


Fig. 2. The diagram for the series electrodes and it's equivalent electrical circuit

4. 실험 및 고찰

본 연구에서는 양방향 통신 용 소자를 개발하기 위해 기관 위에 신호 전달을 위한 목적으로 전극 구성에 따른 기초적인 자료를 얻기 위한 실험을 행하였다. 그리고 기관의 성질에 따라 기관 위에 형성시킨 각종 전극 및 반사기 등에 의한 음파의 반사영향으로 위상이 바뀌는 것을 피할 수 없으므로, 시료 기관 위에 장착될 신호 전달용 전극의 구조 및 안정성에 관한 조건들을 구할 의도를 갖고, 우선적으로 샘플 전극에 대한 실험을 행하였다.

4.1 샘플 전극 실험

반사기에 의해 반사된 음파는 45°의 위상으로 반사되어야 함을 염두에 두고, 전극의 규격, 간격 및 모양 등을 변화를 시켰으며, 반사기 폭은 변화시키지 않고 단락 및 개방시켜 구성하였다. 이와 같이 함으로써 기본적인 전극을 설계를 위한 적절한 전극 간격과 넓이에 대한 시행착오를 줄이기 위한 실험의 일환으로, 세 가지 샘플 전극에 대한 기본 실험을 먼저 수행하였다. 세 가지 경우에서 조건을 단순화하고 분석에도 일관성을 갖게끔 전극 개수는 50쌍으로 통일하였고, 전극 재질도 동일한 물질로 증착하여 샘플 전극을 구성하였다.

아울러 양방향 정보전달 장치에 적합한 조건을 갖게 하기 위해서 주파수 특성이 비슷한 전극이 효과적이라는 판단을 했다. 따라서 다음 그림들은 유사한 특징을 나타낸 전극만 선별적으로 나타냈다.

Fig. 3a는 단락(Short)형 전극의 개략적인 형상을 보여준다.

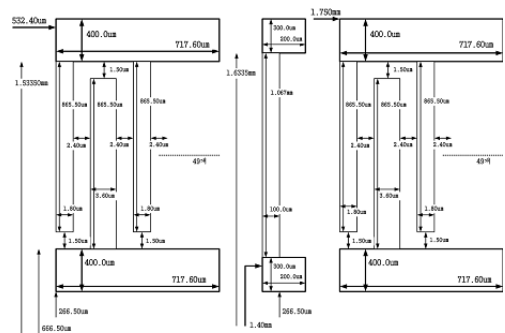


Fig. 3a. The short-type electrode structures are formed on the substrate

Fig. 3a는 단락(Short)형태 전극으로서, Fig. 3a에서 보여주듯이 위 아래 넓은 전극은 각각 (+)극과 (-)극이며, 좌, 우측 전극형태를 동일하게 제작하였고, 반사기(-)극에 단락시킨 것이다. 그리고 왼쪽 전극은 신호 입력단이며, 오른쪽 전극은 출력단이다. 그리하여 (-)극은 접지와 반사기 역할을 동시에 하도록 하였으며, (+)전극 폭과 반사기 폭은 각각 2.4 μ m 및 3.6 μ m이다. 또한 (+)전극과 반사기사이 간격은 2.0 μ m로 동일하게 형성하였으며, 반사기는 (+)극으로부터 1.5 μ m 간격을 유지하도록 하였다. 아울러 중앙의 “C” 자 형상은 신호전파를 조절하는 단성파 완충기(Elastic wave buffer)를 나타낸다. Fig. 3a과 같이 배열하므로써, 반사기를 단락시킨 다음 전달된 파의 특성을 분석하고자 하였다. 단락형 전극의 전달파형을 측정하기 위하여 5 x 5mm 크기를 갖는 SMD패키지에 실장하였으며, 50 Ω 정합(Matching)시킨 후 측정하였다.

다음 Fig. 3b는 출력단에서 측정된 주파수 특성을 나타낸 것이다.

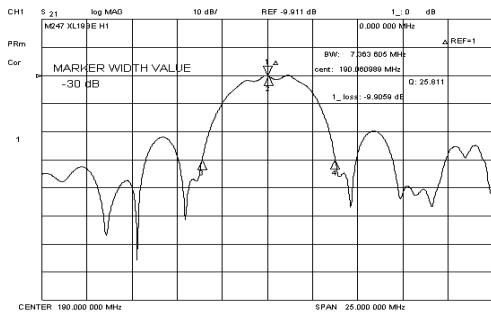


Fig. 3b. The frequency response of the device having short-type electrode

Fig. 3b에서 보여주듯이 중심 주파수는 대략190.06MHz, 통과 대역폭은 7.36MHz정도, 삽입손실은 -9.90dB로 측정되었음을 보여준다.

Fig. 3c는 출력단의 파형 중심부에서 나타난 리플 양상을 분석하려고 중심부분만을 확대해서 나타낸 그림이다.

Fig. 3c에서 나타냈듯이 통과대역폭은 7.3MHz 정도, 리플특성은 3dB정도였음을 나타낸다.

Fig. 4a는 반사기가 개방(Open)형태인 전극의 개략적인 형상을 나타냈다.

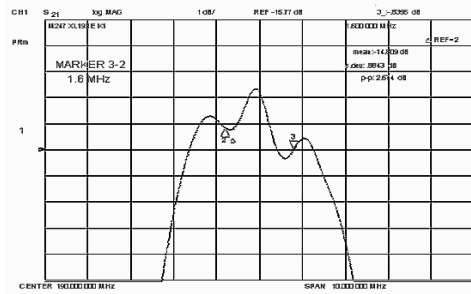


Fig. 3c. The ripple characteristics of the frequency response for the short-type electrode

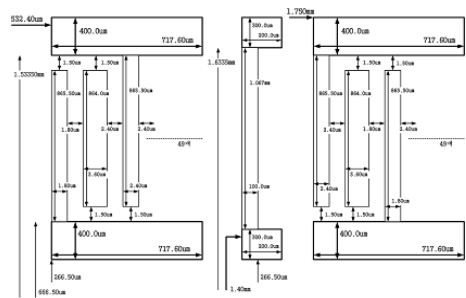


Fig. 4a. The open-type electrode structures are formed on the substrate

이는 전극 모양을 달리하여 측정할 목적으로 중앙을 x축 기준으로 회전시켜 출력단 전극을 배치한 것이다. 그리고 전달된 파형 분석의 단순화를 꾀하기 위해 전극과 반사기 제원은 단락형태 전극과 동일하게 하였다.

다음 Fig. 4b는 출력단에서 측정된 주파수 특성을 나타낸 것이다.

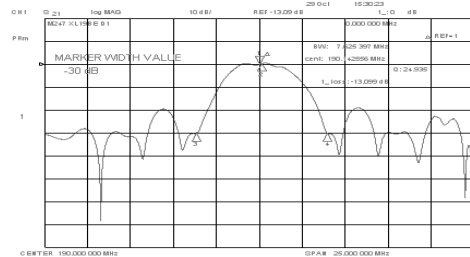


Fig. 4b. The frequency response of the device having open-type electrode

Fig. 4b에서 보여주듯이 제작한 소자의 주파수 특성을 나타낸 것이며, 중심주파수가 190.4MHz, 30dB 대역폭은 7.42MHz 정도임을 나타낸다.

그리고 임피던스정합 후, 과형 중심부에서 측정된 리플 특성 및 3dB 대역폭은 Fig. 4c에 나타냈다.

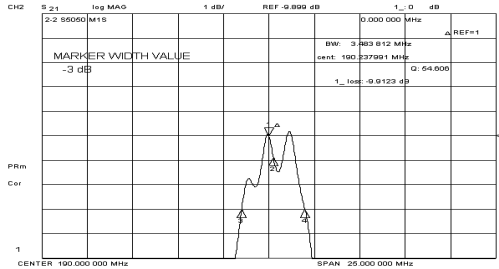


Fig. 4c. The ripple characteristics of the frequency response for the short-type electrode

Fig. 4c는 임피던스 정합 후 리플특성 및 3dB 대역폭을 확대하여 나타낸 것으로서, 결과는 각각 2dB이하와 3.3MHz 정도로 측정되었다.

Fig. 5a는 중앙을 기준으로 점대칭(Point symmetry) 시킨 형태의 출력단 전극을 나타냈다.

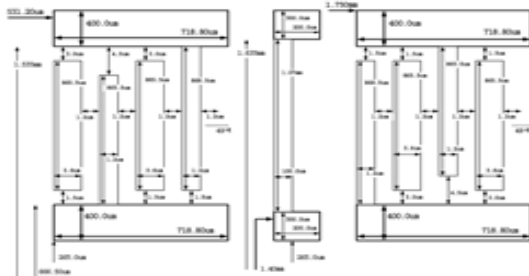


Fig. 5a. The 3rd-type electrode structures are formed on the substrate

Fig. 5a는 반사기를 개방시켜 제작한 것으로써 반사기 폭은 $3.6\mu\text{m}$ ($1\lambda/4$)이고, +극과 -극의 폭은 $1.2\mu\text{m}$ ($\cong 1\lambda/12$)이다. 아울러 +극과 반사기사이의 거리는 $1.2\mu\text{m}$, +극과 -극에서부터 반사기까지 간격은 각각 $3.0\mu\text{m}$ 와 $1.5\mu\text{m}$ 이며, +극과 -극사이의 간격은 $1.5\mu\text{m}$, +극과 -극사이의 간격을 $4.5\mu\text{m}$ 임을 보여준다.

Fig. 5b 및 Fig. 5c에서 주파수는 190.02MHz, 3dB 통과 대역 폭은 7.2MHz 정도로 측정되었으며, 리플은 3dB 정도 측정되었다.

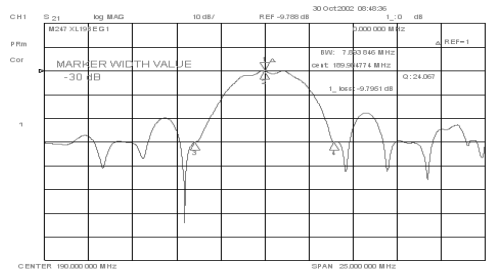


Fig. 5b. The frequency response of the device for the 3rd-type electrode

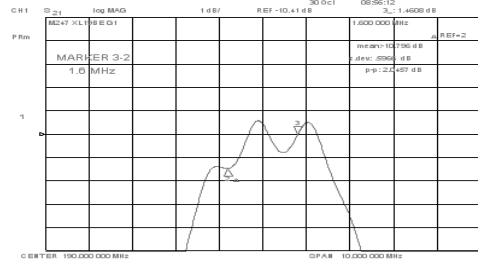


Fig. 5c. The ripple characteristics of the frequency response for the 3rd-type electrode

4.2 양방향 통신 장치 및 분석

본 실험에서는 앞 절에서 기술한 3가지 샘플 전극에서 얻은 자료들을 바탕으로 양방향 통신을 수행하고자 하였다. 따라서 3가지 샘플 전극 중 비슷한 특성을 나타낸 두 개를 선택하여 입력단과 출력단 전극으로 연결했다. 연결한 전극형태는 Open-short type, Open-symmetry type, Short-symmetry type 및 Symmetry-symmetry type 등 4종류이다.

서술한 전극형태들 중, 전자의 3가지 경우에서 출력단으로부터 반사된 되돌림 손실(Return loss)특성들은 Fig. 6a~6c에 나타냈으며, 주파수 및 리플 특성은 샘플 결과와 유사했기에 생략했다.

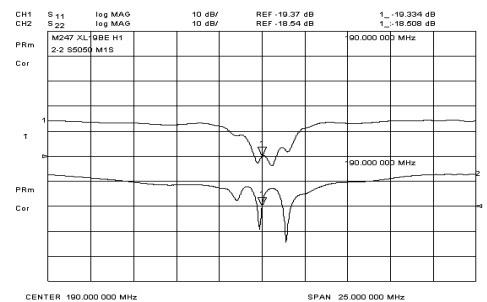


Fig. 6a. The return loss of the open-short type electrode

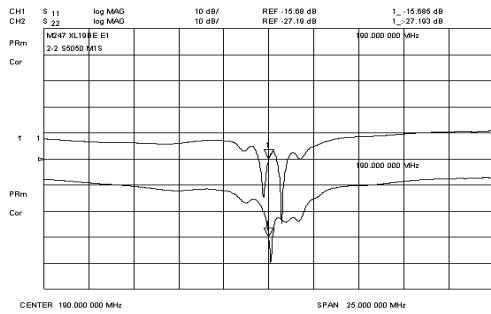


Fig. 6b. The return loss of the open-symmetry type electrode

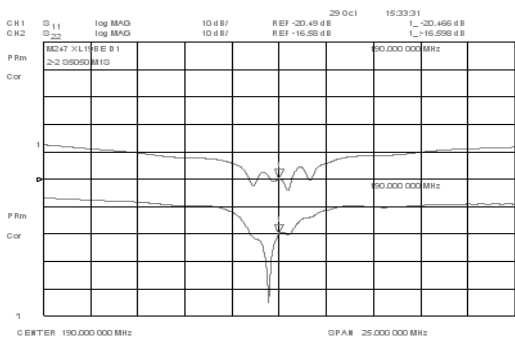


Fig. 6c. The return loss of the short-symmetry type electrode

Fig. 6에 나타난 3가지 경우처럼 시료에서 측정된 Return loss의 크기는 대략 -17dB~-20dB정도이다.

그리고 Symmetry-symmetry type에 대한 결과는 Fig. 7에 나타냈으며, Fig. 7a는 주파수특성을 보이고 있다.

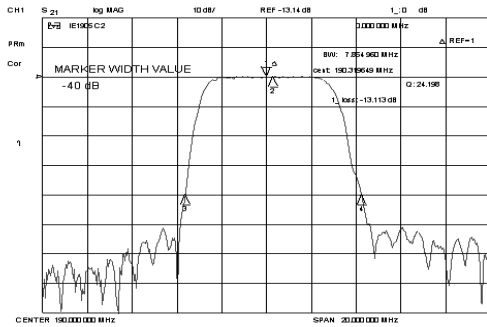


Fig. 7a. The frequency response of the device for the symmetry-symmetry type electrode

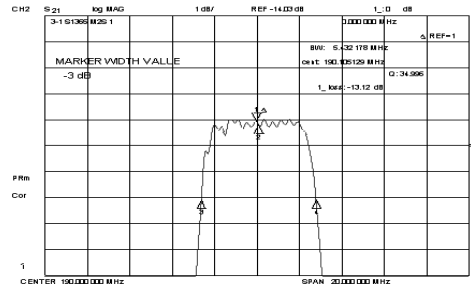


Fig. 7b. The ripple characteristics of the frequency response for the symmetry-symmetry type electrode

Fig. 7a, 7b에서 보듯이 주파수는 190.3MHz, 3dB에서의 대역폭은 5.3MHz정도 및 in-band에서의 리플은 0.3dB정도로 측정 되었으며, 직렬로 연결한 전극 경우에 있어서 대략 -20dB 정도의 삽입손실이 발생하였다. 아울러 Fig. 7c, 7d에서는 입력단과 출력단에 부딪친 후 반사된 신호로써 임피던스(50Ω) 정합상태를 보여주고 있다. 여기서 반사 손실 또한 양호한 장치 특성을 나타내었다. 이들 결과로 미루어 보아 직렬로 연결한 필터의 경우에도 고성능 시스템을 개발하는데 있어서 도움 줄 수 있을 것이라고 사료된다.

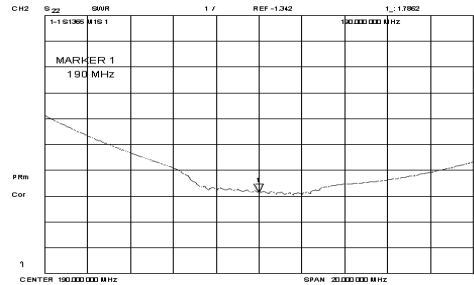


Fig. 7c. The return loss at the input electrode of the symmetry-symmetry type

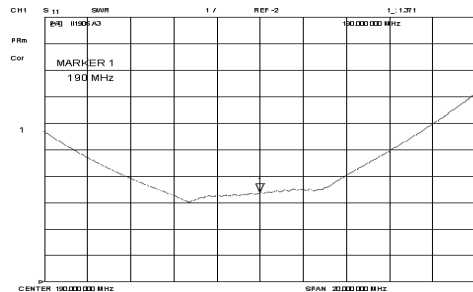


Fig. 7d. The return loss at the output electrode of the symmetry-symmetry type

5. 결론

본 실험에서는 3가지 샘플 전극에서 얻은 자료들을 바탕으로 양방향 통신을 수행하고자 하였다. 3가지 샘플 전극 중 비슷한 특성을 나타낸 두 개를 선택하여 입력과 출력 전극으로 직렬로 연결한 전극 조합을 형성했다.

그 결과 세 번째 샘플시료의 경우는 반사기를 개방(open)시켜 제작한 것으로써 반사기 전극 폭은 $3.6\mu\text{m}$ ($\cong 1\lambda/4$), +극과 -극의 폭을 $1.2\mu\text{m}$ ($\cong 1\lambda/12$)로 이것을 직렬로 연결한 장치에서 좋은 결과를 얻었다. 이울러 주파수는 190.3MHz, 3dB에서의 대역폭은 5.3MHz정도 및 리플은 0.3dB정도로 측정되었다. 이들 결과로 미루어 보아 직렬로 연결한 필터의 경우에도 고성능 시스템을 개발하는데 있어서 도움 줄 수 있을 것이라고 사료된다.

REFERENCES

- [1] C. Y. An & H. G. Ryu. (2017). Synchronization and performance evaluation of MINO/F-OFDM system for 5G mobile communications. *The Journal of korean institute of communications and information sciences*, 42(1), 31-38.
DOI : 10.7840/KICS.2017.42.1.31
- [2] Y. J. Hong, S. J. Lim & W. B. Lee. (2017). A study on lighting system for LED color temperature control using wireless communication and smart phone. *Journal of the korean academia-industrial cooperation society*, 18(11), 721-77.
DOI : 10.5762/KAIS.2017.18.11.72
- [3] C. N. Lim. (2017). Electrochemical properties of FeS_2 thin film electrodes for thermal batteries. *Journal of korean institute of electrical and electronic material engineer*, 30(5), 318-324.
DOI : 10.4313/KEM.2017.30.5.318
- [4] J. H. Whang. (2017). *Electric circuits*. Seoul : Hongreung printing Co, Ltd.
- [5] Y. S. Lee & Y. C. Chung. (2011). Design and fabrication of triple coupler ring resonator filter. *Korean Journal of optics and photonics*, 22(1), 40-45.
DOI : 10.3807/KJOP.2011.22.1.040
- [6] J. O. Park & W. K. Jang. (2012). Design and fabrication of dielectric duplexer and band pass filters for K-PCS and W-CDMA dual-band. *Journal. of korean institute of electrical and electronic material engineer*, 25(12), 949-954.
DOI : 10.4313/JKEM.2012.25.12.949
- [7] T. S. Park, D. R. Kwak, I. K. Park, M. S. Kim & S. S. Lee. (2014). Thickness measurement of Ni thin film using dispersion characteristics of Surface Acoustic Wave. *The Journal of the korean society for nondestructive testing*. 34(2), 171-175.
DOI : 10.7779/JKSNT.2014.34.2.171
- [8] J. I. Lee, T. H. Lee & K. Y. Jhang. (2009). Evaluation of surface fatigue degradation using acoustics non-linearity of surface wave. *The Journal of the korean society for nondestructive testing*. 29(5), 415-420.
DOI : 10.7779/JKSNT.2009.29.5.415
- [9] X. Luo, A. Shen & R. Mao. (2015). A double bi-quard filter with wide band resonance suppression for servo systems. *Journal of power electronics*, 15(5), 1409-14204.
DOI : 10.6113/JPE.2015.15.5.1409
- [10] C. B. Chvets, P. G. Ivanov, V. M. Maka & V. S. Orlov. (1999). Design of SAW filters on langasite. *In Ultrasonics Symposium, 1999. Proceedings. 1999 IEEE* (Vol. 1, pp. 295-299). IEEE.
DOI : 10.1109/ultsym.1999.849405
- [11] G. H. Heo, J. Y. Jeon & S. G. Jeon. (2015). Band pass filter based artificial filter bank for structural health monitoring. *Korean society noise vibration engineering*, 25(12), 843-855.
DOI : 10.5050/KSNVE.2015.25.12.843
- [12] H. Yatsuda & K. Yamanouchi. (2000). Automatic computer-aided design of SAW filters using slanted finger interdigital transducers. *IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control*, 47(1), 140-147.
DOI : 10.1109/58.818756
- [13] T. Kim, S. U. Cho, C. S. Park, H. G. Lee, D. I. Kim & M. Y. Jeong. (2016). A Study on Fluorescence Imaging System Characteristics depending on Tilting of Band Pass Filter. *Journal of the Microelectronics and Packaging Society*, 23(2), 85-89.
DOI : 10.6117/KMEPS.2016.23.2.085
- [14] G. W. Kim et al.(2012). Electrochemical properties of Al^{3+} and Y^{3+} co-doped SnO_2 transparent conducting films. *Journal of korean institute of electrical and electronic material engineer*, 25(10), 305-310.
DOI : 10.4313/JKEM.2012.25.10.305
- [15] J. H. Jang & G. S. Sim.(2015). Intelligent mobile surveillance system based on wireless communication. *Journal of the korea contents association*, 25(10), 305-310.
DOI : 10.4313/JKEM.2012.25.10.305

유 일 현(You, Il Hyun)

[정회원]



- 1979년 2월 : 인하대학교 응용물리학과 (공학사)
- 1982년 8월 : 인하대학교 응용물리학과 (공학석사)
- 1991년 2월 : 인하대학교 응용물리학과 (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 정보통신 학부 교수
- 관심분야 : 응용광학, 신호처리, 의료장비, 이동통신
- E-Mail : ihyou@semyung.ac.kr