

Y-cut LiNbO₃, Quartz, FR-4 기판을 이용한 마이크로스트립 안테나의 제작과 공진주파수 이동에 관한 연구.

이기세, 강현일, 송준태*
성균관대학교 정보통신공학부

Fabrication and Frequency Agile of Microstrip Antennas Using Y-cut LiNbO₃, Quartz and FR-4 Substrates.

Ki se Lee, Kyu il Lee, Hyun il Kang, Joon Tae Song**
Sungkyunkwan Uni.

Abstract

In this paper, we proposed a method to shift the resonant frequency by applying the electric field to microstrip patch antenna using piezoelectric substrates. We fabricated microstrip patch antenna using Y-cut LiNbO₃, Quartz and FR-4 substrates. We designed and simulated the microstrip antennas by Ensemble V 7.0 of the simulation tool. We observed the resonant frequency by DC applied electric field in a microstrip patch antenna. When the electric field was 300 V/mm, the resonant frequency agile of Y-cut LiNbO₃ microstrip patch antennas were 29 MHz. When the electric field was 400 V/mm, the frequency agile of X-cut, Y-cut and Z-cut quartz microstrip patch antennas were 55.2 MHz, 34.2 MHz and 28.0 MHz, respectively. However, when the electric field was 400 V/mm, the resonant frequency of FR-4 microstrip patch antenna does not changed. It was shown that the resonant frequency agile of Y-cut and Z-cut quartz microstrip patch antennas are due to piezoelectric phenomenon not to be permittivity.

Key Words : microstrip patch antenna, piezoelectric substrate, resonant frequency, LiNbO₃, Quartz, FR-4

1. 서론

최근 이동통신의 발달로 인하여 소형 안테나의 수요가 늘고 있다. 그리고 사용량이 증가함으로써 안테나의 상용주파수가 높아지고 있다. 이 중 마이크로스트립 안테나는 소형이고 제작이 쉽기 때문에 많은 연구가 진행중이다[1-3].

협대역 특성을 갖는 마이크로스트립 안테나는 설계에 따라 제작한 후에는 공진주파수 이동이 불가능하다. 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나 기판을 압전체로 이용하여 안테나를 제작한 후 기판에 전계를 인가하였을 때 나타나는 압전현상, 기계적 변위를 이용하여 리얼타임으로 안테나 기판

에 변화를 주어 공진주파수를 이동하는 실험을 하였다. 마이크로스트립 안테나의 기판 재료로 압전성을 가지는 Y-cut LiNbO₃와 Quartz 기판을 이용하여 마이크로스트립 안테나를 제작한 후 안테나에 DC 전계를 인가하였을 때의 공진주파수 이동을 분석하였다. 또한 마이크로스트립 안테나 제작에 널리 쓰이고 있는 FR-4 기판을 이용하여 마이크로스트립 안테나를 제작한 후 위와 같은 실험을 하여 비교 분석하였다.

2. 실험 방법

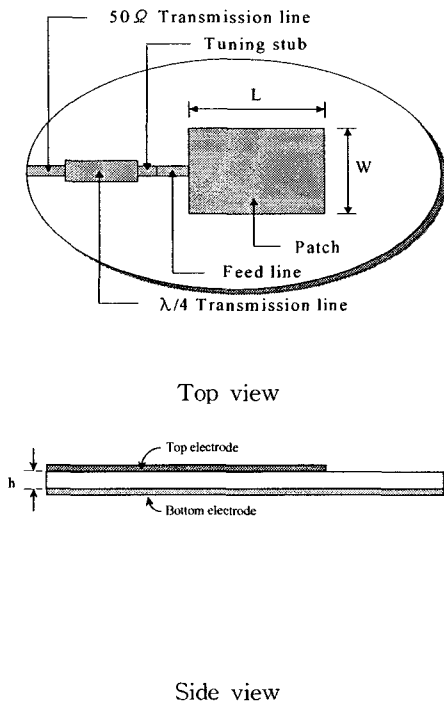


그림 1. 마이크로스트립 패치 안테나.

Fig 1. A microstrip patch antenna.

단일형 마이크로스트립 패치 안테나의 설계는 그림 1과 같이 접지면 위에 길이와 폭이 각각 L과 W 이고 두께가 매우 얇은 금속 스트립 패치로 구성하였다. 패치와 접지면은 유전체인 기판으로 분리되도록 하였고 기판의 유전상수를 ϵ_r , 두께를 h로 표시하였다. 표 1은 본 실험에 사용된 Y-cut LiNbO₃, Quartz, FR-4의 마이크로스트립 안테나 제작조건을 나타내고 있다. 기판의 오염을 제거하기 위해 아세톤, 메틸알콜, 증류수 순으로 각각 10분간 초음파세척을 한 후 질소 가스를 사용해 건조시켰다. 패치 모양은 시뮬레이션 툴인 Ensemble V 7.0로 설계한 후 마스크로 제작하여 열증착기로 증착시켰다. 증착시 진공도는 3×10^{-5} torr 이었고 텅스텐 보트위에 Al를 올려 Y-cut LiNbO₃ 기판 위에 증착시켰다. 패치와 접지판을 제작한 후에 기판의 기계적 변위를 최소화하기 위해 골드 와이어를 이용하여 SMA 컨넥터와 급전선을 실버 페스트로 연결하였다. 압전 기판인 Y-cut LiNbO₃로 제작한 경우 DC 인가전계에 의한 마이크로스트립 안테나의 공

진주파수 변화를 확인하고자 제작 방식의 단순화를 표 1. 마이크로스트립 안테나 제작 조건.

Table 1. Fabrication conditions of a microstrip antenna.

기 판	LiNbO ₃ (Y-cut)	Quartz & FR-4		
유전 상수	39	4.6		
기판 두께 (mm)	0.5±0.05 wafer	0.5±0.05 wafer		
패치 크기 (mm×mm)	25×24	11.5×11.5	8.6×8.6	6.8×6.8
공진 주파수 (GHz)	5.6	6	8	10
패치 전극	Al (99.99%)	Al (99.99%)		
피드 방법	line feed /gold wire	line feed /gold wire		

위해 구형패치와 마이크로스트립라인 급전방식을 이용하여 소자를 제작하였다. 위의 실험에서 공진 주파수 이동을 확인한 후 시뮬레이터를 통해 최적화 조건에서 압전기판인 Quartz 기판과 FR-4 기판의 주파수 특성을 비교하도록 제작하였다.

공진 주파수의 변화 특성을 알아보기 위하여 안테나의 패치에 Bias-T (picosecond, 5530A)와 Voltage source (Fluke 5100B)를 연결하여 DC 전계에 따른 변화를 Network Analyzer (HP 8722D)를 사용해 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 2는 압전성을 가지는 Y-cut LiNbO₃ 기판에 제작한 마이크로스트립 안테나의 DC 전계에 따른 공진주파수 특성을 나타내고 있다. 외부 DC 전계를 인가하지 않았을 경우 공진주파수는 5.678 GHz를 나타내었다. -300 V/mm인 DC 전계를 인가하였을 때 공진 주파수는 5.66 GHz이고 300 V/mm인 DC 전계를 인가하였을 때 공진 주파수는 5.689 GHz로 약 29 MHz의 변화를 보였다. 이러한 결과는 압전성을 가지는 Y-cut LiNbO₃ 기판을 이용하여 제작한 마이크로스트립 안테나에 DC 전계를 인가하였을 때 안테나의 기판에 나타나는 기계적 변위로 인

한 주파수 이동으로 사료된다. 이 실험을 통하여

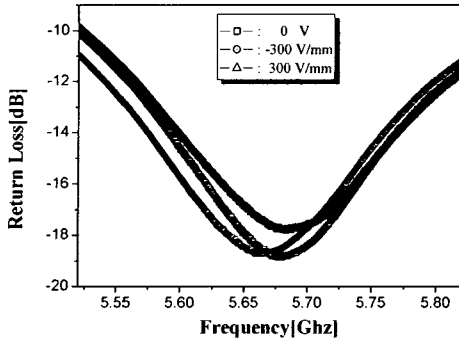


그림 2. DC 전계에 따른 Y-cut LiNbO₃ 기판의 공진주파수 특성.

Fig 2. Frequency properties of Y-cut LiNbO₃ substrate by DC electric fields.

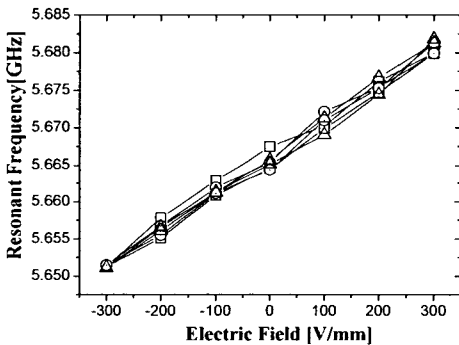


그림 3. DC 전계에 따른 Y-cut LiNbO₃ 기판의 공진주파수 이동 특성.

Fig 3. Resonant frequency agile properties of Y-cut LiNbO₃ substrate by DC electric fields.

마이크로스트립 안테나 제작시 기판재료로 압전 물질을 사용함으로써 안테나에 물리적 변형을 가하지 않고 안테나의 송수신 공진주파수 조정 및 이동할 수 있음을 확인하였다.[4,5]

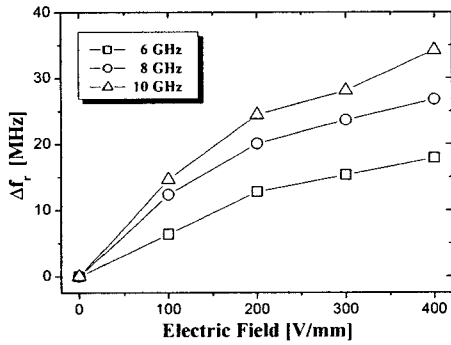
그림 3은 Y-cut LiNbO₃ 기판에 제작한 마이크로스트립 안테나에 DC 전계를 -300 V/mm부터 300 V/mm까지 100 V/mm의 크기로 전계를 인가하면서 반복측정한 결과이다. DC 전계에 따라 공진주파

수가 거의 선형적인 변화를 보이며 증가하였다. 이러한 결과는 기판인 Y-cut LiNbO₃가 결정체이기 때문에 DC 전계를 인가하였을 때 나타나는 압전현상에 의해 인가전계에 선형적으로 비례하는 물리적 변위가 나타나는 결과로 사료된다.

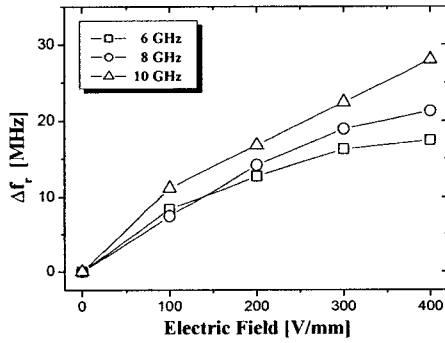
그림 4, 5는 압전성을 가지는 Quartz 기판과 마이크로스트립 안테나 제작에 널리 쓰이고 있는 FR-4 기판을 이용한 마이크로스트립 안테나를 제작하여 압전기판과 비압전기판을 사용하였을 때의 주파수 이동 특성을 분석하였다. 그림 4는 X-cut, Y-cut, Z-cut Quartz 압전기판을 사용하여 각각 6 GHz, 8 GHz, 10 GHz에서 공진하는 마이크로스트립 안테나를 설계한 후 400 V/mm까지의 DC 전계를 인가하여 공진주파수의 변화율을 측정할 결과이다. 그림 4의 (a)에서 Y-cut Quartz 기판에 DC 전계를 인가하여 공진 주파수 변화율을 측정할 경우 6 GHz, 8 GHz, 10 GHz에서 각각 17.8, 26.7, 34.2 MHz의 변화를 보였다. 그림 4의 (b)에서 Z-cut Quartz 기판에 DC 전계를 인가하여 공진 주파수 변화율을 측정할 경우 6 GHz, 8 GHz, 10 GHz에서 각각 17.4, 21.2, 28.0 MHz의 변화를 보였다. 그림 4의 (c)에서 X-cut Quartz 기판에 DC 전계를 인가하여 공진 주파수 변화율을 측정할 경우 6 GHz, 8 GHz, 10 GHz에서 최대 33.1, 42.1, 55.2 MHz의 변화로 Y-cut, Z-cut에서의 변화값보다 큰 공진주파수 변화를 보였다. 또한 높은 공진주파수의 마이크로스트립 안테나일수록 주파수 이동이 크게 나타남을 보였다. 이러한 결과는 X-cut Quartz가 압전방향을 갖기 때문에 Y-cut Quartz, Z-cut Quartz에 비해 큰 공진주파수 이동을 가졌음을 나타내고 있다. 여기서 Y-cut Quartz, Z-cut Quartz로 제작된 마이크로스트립 안테나의 주파수 이동특성을 기판에 DC 전계를 인가하였을 때 기판의 횡방향 변위이거나 유전율의 변화가 공진주파수를 이동시킨 결과로 사료된다[6-8].

공진주파수의 이동이 기판의 횡방향 변위와 유전율의 변화 중 어느 것에 영향을 받는지 확인하기 위하여 그림 5에 압전물질이 아닌 FR-4 기판을 사용하여 Quartz 기판에서 했던 실험 방법과 같은 방법으로 6 GHz, 8 GHz, 10 GHz로 각각 설계한 FR-4 기판에 DC 전계를 인가하여 공진주파수 변화를 측정하였다. 그림 5에서 FR-4 기판을 이용한 마이크로스트립 안테나에 전계를 인가시

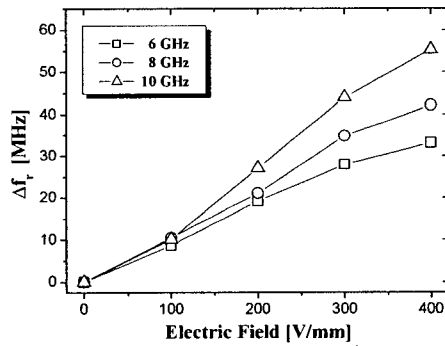
공진주파수에는 아무런 변화가 없었다. 이러한



(a)



(b)



(c)

그림 4. DC 전계에 따른 Quartz 기판의 공진주파수 이동 변화율.

(a) Y-cut (b) Z-cut (c) X-cut

Fig 4. Resonant frequency agile rate of Quartz substrate by DC electric fields.

(a) Y-cut (b) Z-cut (c) X-cut

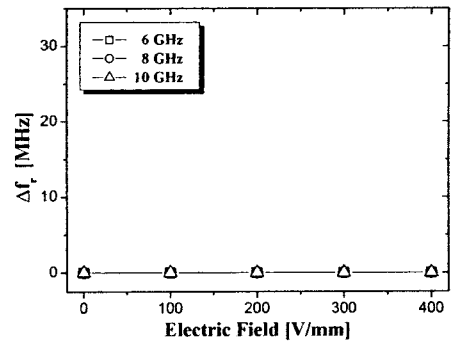


그림 5. DC 전계에 따른 FR-4 기판의 공진주파수 이동 변화율.

Fig 5. Resonant frequency agile rate of FR-4 substrate by DC electric fields.

결과는 Y-cut LiNbO₃, Quartz 압전 기판의 실험결과에서와는 달리 압전특성이 없는 FR-4 기판의 경우 DC 인가전계에 따라 물리적 변위가 발생하지 않아 공진주파수에 변화를 주지 못한 것이다.

FR-4 기판 실험을 통하여 같은 조건에서 실험했던 Y-cut Quartz, Z-cut Quartz에서의 공진주파수 이동이 유전율의 변화가 아닌 횡방향 변위에 의한 이동임을 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 압전체를 기판으로 이용하여 마이크로스트립 안테나를 제작한 후 전계를 인가하였을 때 나타나는 압전현상, 기계적 변위를 이용하여 리얼타임으로 안테나 기판에 변화를 주어 마이크로스트립 안테나의 공진주파수 이동을 확인하고자 하였다. 본 연구를 통해 압전특성을 갖는 Y-cut LiNbO₃, Quartz 기판으로 제작한 마이크로스트립 안테나의 경우 안테나에 DC 전계를 인가함으로써 공진주파수 이동을 확인하였다. 또한 마이크로스트립 안테나 제작에 널리 쓰이고 있는 FR-4 기판과 압전특성을 가지는 Quartz 기판을 같은 조건에서 제작한 결과 X-cut, Y-cut, Z-cut Quartz 압전기판을 사용한 경우 400 V/mm의 DC 전계를 인가하였을 때 최대 55.2, 34.2, 28.0 MHz의 공진주파수의 이동을 보였으며 FR-4 기판의 경우

는 공진주파수에 아무런 변화가 없었다. 본 실험을 통하여 공진주파수의 이동은 기판의 유전율의 변화가 아닌 압전현상에 의한 변위 변화의 결과임을 확인하였다. 이러한 결과는 마이크로스트립 안테나의 기판으로 압전물질을 사용함으로써 DC 인가전계에 따른 기판의 압전현상을 이용하여 안테나에 물리적 변형을 가하지 않고 리얼타임으로 협대역 특성을 가지면서 안테나의 송수신 주파수를 실시간으로 조정, 이동할 수 있는 마이크로스트립 안테나 제작에 적용 가능할 것으로 사료된다.

"Frequency agile microstrip patch antenna",
INT. J. ELECTRONICS, Vol. 84, No. 1, p.
53, 1998.

참고 문헌

- [1] D. M. Pozar, "Microstrip Antennas", IEEE Trans. Ant. and Propagat. Vol. 80, No. 1, p. 79, 1992.
- [2] H. Choo, A. Hutani, L. C. Trintinalia and H. Ling, "ar, "Shape optimisation of broadband microstrip antennas using genetic algorithm", IEEE. Ant. and Propagat. Vol. 36, p. 2057, 2000.
- [3] J. Anguera, C. Puente, C. Borja, N. Delbene and J. Soler, "Dual-frequency broad-band stacked microstrip patch antenna", IEEE. Ant. and Propaga., Vol 2, p. 36, 2003.
- [4] 오승재, 우형관, 하용만, 김영훈, 송준태, "마이크로스트립 안테나의 주파수 이동 특성에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 2000추계학술대회논문집, p 375, 2000.
- [5] J. T. Song, I. H. Cho and Y. H. Kim, "Frequency Agile Microstrip Patch Antenna Using Piezoelectric Substrates", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 40, No. 5, p. 515, 2001.
- [6] 하용만, 오승재, 우형관, 송준태, "Quartz를 이용한 마이크로스트립 안테나의 주파수 특성에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 2000추계학술대회논문집, p 488, 2001.
- [7] J. T. Song, H. I. Kang and Y. M. Ha, "Frequency Agile Microstrip Patch Antenna Using Quartz Substrates", Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 43, No. 2, p. 142, 2004.
- [8] S. K. Sharma and B. R. Vishvakarma,