

# 피에조 마이크로스트립 안테나의 주파수 이동에 관한 연구

강현일\*, 정연호\*, 황현석\*\*, 임윤식\*\*\*, 유영식\*\*\*, 송우창\*\*\*\*, 이증성\*\*\*\*\*

## A Study on Frequency Shift of Piezo Microstrip Antennas

Hyunil Kang\*, Yeun-Ho Joung\*, Hyun Suk Hwang\*\*, Yun-Sik Lim\*\*\*, Young Sik Yu\*\*\*,  
Woochang Song\*\*\*\*, Jongsung Lee\*\*\*\*\*

### 요 약

논문에서는 마이크로스트립 안테나 제작에 상용화되어 있는 에폭시계 FR-4 기판과 압전물질인 LiNbO<sub>3</sub>와 PVDF를 기판으로 사용하여 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하였다. 제작된 마이크로스트립 안테나에 DC 전계를 인가하였을 때 압전기판인 LiNbO<sub>3</sub>와 PVDF의 경우 실시간으로 주파수 이동을 구현하여 안테나 제작 후에도 물리적 변형을 가하지 않고 공진주파수와 대역폭을 이동 및 조정할 수 있는 단일형 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하고 특성을 분석하였다.

압전 특성을 갖는 LiNbO<sub>3</sub>, PVDF 압전기판과 에폭시계 FR-4 기판을 사용하여 마이크로스트립 패치 안테나를 제작한 후 DC 전계를 인가함으로써 공진주파수의 이동을 확인하였다. 실험을 통하여 PVDF 압전기판에 400V/mm까지 DC 전계를 인가하였을 경우 최대 각각 17 MHz의 변화 값을 보였고 LiNbO<sub>3</sub>는 29 MHz의 변화를 보였지만 FR-4 기판에서는 아무런 변화가 없었다. 이러한 결과들로부터 압전기판을 사용한 마이크로스트립 안테나는 안테나 제작 후에도 물리적 변형을 가하지 않고 공진주파수와 대역폭을 이동 및 조정할 수 있는 특성을 이용하여 최근 이동통신 분야에 많이 쓰이고 있는 마이크로스트립 안테나에 응용 가능하리라 사료된다.

**Key Words** : piezoelectric, microstrip antenna, tunable frequency, PVDF

### ABSTRACT

In this paper, we proposed a method of the resonant frequency shift of a microstrip patch antenna using LiNbO<sub>3</sub>, PVDF and FR-4 substrates. We designed and analyzed from these parameters optimized using Ensemble V 7.0 of the simulation tool. We observed the resonant frequency by DC applied electric field in a microstrip patch antenna. When LiNbO<sub>3</sub> substrate were applied from -300 to 300 V/mm, we obtained the resonant frequency shift of maximum 29 MHz. The microstrip patch antenna with PVDF (poly vinylidene fluoride) substrate, we obtained the resonant frequency shift of maximum 17 MHz at frequency 6 GHz. but when Epoxy FR-4 substrates used, the resonant frequency does not changed. This results showed the resonant frequency shift without physical strains in a microstrip patch antenna.

## I. 서 론

최근 이동통신 및 위성통신과 같은 무선 통신시스템은 소형화, 경량화되면서 고속, 고밀도, 대용량의 정보처리가 가능하도록 발전되어 왔다[1]. 이러한 통신 시스템을 위해서는 안테나의 개발과 연구는 필수적이라고 할 수 있다[2].

마이크로스트립 안테나는 소형이며 가볍고 제작이 용이하며 인쇄회로기술에 의한 대량생산이 가능하기 때문에 통신시스템에 많이 이용되고 있다. 그러나 마이크로스트립 안테나는 매우 좁은 대역특성을 가지고 있어 실제 응용에 있어

서 심각한 제약을 주게 된다[3]. 이런 단점을 극복하기 위한 방법으로 단일 구조에서 유전율이 낮은 유전체를 사용하여 대역폭을 증가시키거나 두께가 두꺼운 유전체를 사용하여 대역폭을 증가시키는 방법이 있다[4]. 또한 구조 자체를 적층형 구조로 함으로써 패치의 가장자리에서 발생하는 프링징 효과의 상호 결합에 의해 대역폭을 증가시킬 수 있다[5]. 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나 제작에 상용화되어 있는 에폭시계 FR-4 기판과 압전물질인 LiNbO<sub>3</sub>와 PVDF를 기판으로 사용하여 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하였다 [6,7]. 폴리 비닐 홀로라이드 (Poly vinylidene Fluoride:

\*한밭대학교 전기·전자·제어공학부 소속 (hikang@hanbat.ac.kr)

\*\*서일대학 전기과, \*\*\*여주대학교, \*\*\*\*강원대학교 전기공학과, \*\*\*\*\*부천대학 전자과 부교수

접수일자 : 2012년 10월 26일, 수정완료일자 : 2012년 11월 19일, 최종게재확정일자 : 2012년 12월 3일

PVDF)은 1967년 Kawai에 의해 압전성이 발견된 이래 압전성을 이용한 디바이스 응용에 많은 연구가 진행 중이다. 제작된 마이크로스트립 안테나에 DC 전계를 인가하였을 때 압전기판인 LiNbO<sub>3</sub>와 PVDF의 경우 실시간으로 주파수 이동을 구현하여 안테나 제작 후에도 물리적 변형을 가하지 않고 공진주파수와 대역폭을 이동 및 조정할 수 있는 단일형 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하고 특성을 분석하였다.

## II. 패치 안테나 설계 및 제작

단일형 마이크로스트립 패치 안테나의 설계는 그림 1과 같이 접지면 위에 길이와 폭이 각각 L과 W이고 두께가 mm인 매우 얇은 금속스트립패치로 구성하였다. 패치와 접지면은 기판인 유전체로 분리되어지도록 하였고 기판의 유전상수를  $\epsilon_r$ , 두께를 h로 표시하였다. 표 1은 본 실험에 사용된 LiNbO<sub>3</sub>, PVDF 압전기판과 FR-4 기판의 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. 증착 시 진공도는  $3 \times 10^{-5}$  torr 이었고 텅스텐 보트 위에 Al를 올려 LiNbO<sub>3</sub> 기판 위에 증착시켰다. 패치와 접지면을 제작한 후에 기판의 strain을 최소화하기 위해 골드 와이어를 이용하여 SMA 컨넥터와 급전선을 실버 페스트로 연결하였다.

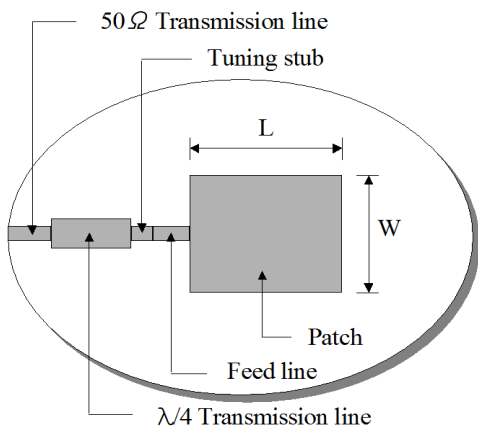


그림 1. 단일형 마이크로스트립 패치 안테나

위의 압전 기판인 LiNbO<sub>3</sub>로 제작한 경우 DC 인가전계에 의한 마이크로스트립 안테나의 주파수 변화를 확인하고자 제작 방식을 단순화하기 위해 구형패치와 마이크로스트립라인 급전방식을 이용해 소자를 제작하였다. 위의 실험에서 공진주파수 이동을 확인한 후 시뮬레이터를 통해 최적화 조건에서 압전기판인 PVDF 기판과 FR-4 기판의 주파수 특성을 비교하도록 제작하였다. 공진주파수의 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 이용해 측정하였다.

표 1. 마이크로스트립 안테나 제작 조건.

기판	LiNbO <sub>3</sub>	PVDF	FR-4		
유전 상수	39	7.3	4.6		
기판 두께 (mm)	0.5	0.5	0.5		
패치 크기 (mm×mm)	25×24	8×8	11×11	8×8	6×6
공진 주파수 (GHz)	5.6	7.3	6	8	10
패치 전극	Al (99.99%)	Al (99.99%)	Al (99.99%)		
피드 방법	line feed /gold wire	line feed /gold wire	line feed /gold wire		

## III. 측정 결과 및 고찰

그림 2는 LiNbO<sub>3</sub> 기판 위에 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 공진주파수는 5.66 GHz이고 300 V/mm인 DC 전계를 인가하였을 때 공진주파수는 5.689 GHz로 약 29 MHz의 변화를 보였다. 그림 3은 -300 V/mm부터 300 V/mm까지 100 V/mm의 크기로 전계를 인가하면서 반복 측정된 결과이다. 측정 결과 DC 전계에 따라 공진주파수가 거의 선형적인 변화를 보이며 증가하였다.

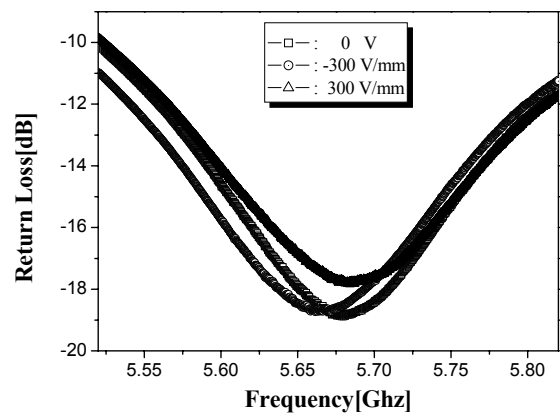


그림 2. DC 전계에 따른 LiNbO<sub>3</sub> 기판의 주파수 응답 특성

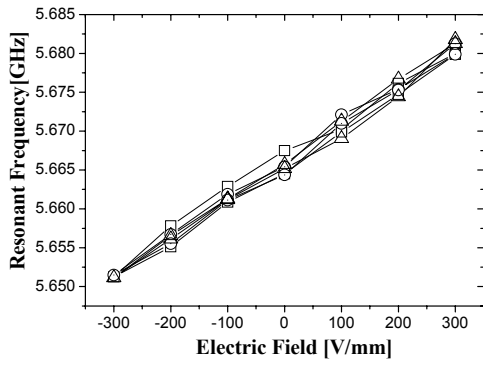


그림 3. DC 전계에 따른 LiNbO<sub>3</sub> 기판의 공진 주파수 변화 특성

그림 4는 PVD 압전기판을 사용하여 6 GHz에서 공진하는 마이크로스트립 안테나를 설계한 후 400 V/mm까지의 DC 전계를 인가하여 공진주파수의 변화율을 측정된 결과이다. 공진 주파수대역은 6 GHz이다. 0V bias에서 1500 V/mm까지 전계를 가한 결과 약 17 MHz의 공진주파수 이동을 나타내었다.

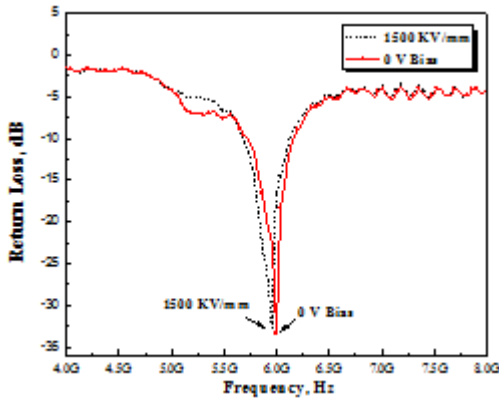


그림 4. PVDF 마이크로스트립 안테나의 S11.

그림 5는 DC 인가전계에 따른 PVDF 마이크로스트립 안테나의 기판인 PVDF 유전율의 변화를 이용한 공진주파수 이동을 시뮬레이션한 결과와 실험값과의 비교를 나타내고 있다. 유전율의 의한 공진주파수의 이동폭보다 실제 실험치의 값이 큰 것을 볼 수 있는데 이는 PVDF 마이크로스트립 안테나의 공진주파수의 이동이 단지 유전율의 이동에 의한 결과가 아니라 압전 특성을 가지는 PVDF 특성에 의해 유전율과 마이크로스트립 안테나의 상부 element들의 변화에 의한 결과라 볼 수 있다. 그림 6은 FR-4 기판을 사용하여 PVDF 기판에서 했던 실험방법과 동일한 방법으로 실험한 결과이다. 6 GHz, 8 GHz, 10 GHz로 설계한 FR-4 기판에 DC 전계를 인가하여 주파수 변화를 측정하였다. LiNbO<sub>3</sub>와 PVDF 압전기판의 실험에서의 결과와는 달리 DC 인가전계에 따른 공진주파수 이동이 없었음을 확인할 수 있었다.

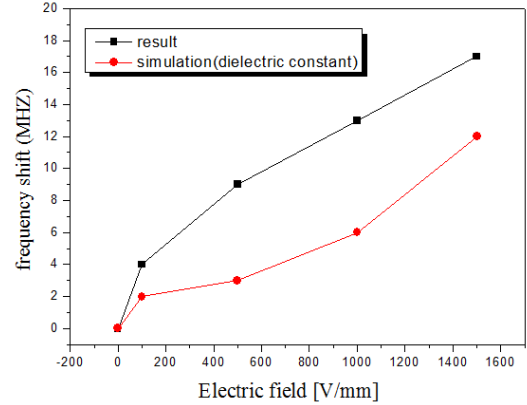


그림 5. PVDF 유전율 변화를 이용한 공진주파수 이동

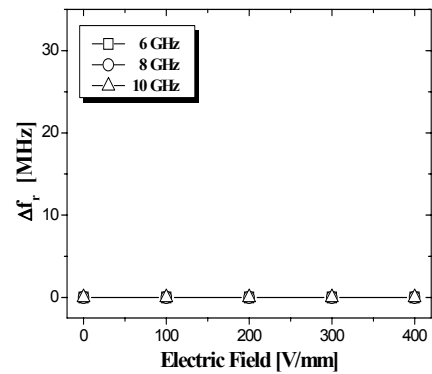


그림 6. DC 전계에 따른 FR-4 기판의 공진 주파수 변화율 측정

#### IV. 결론

본 논문에서는 압전특성을 갖는 LiNbO<sub>3</sub>, PVDF 압전기판과 예폭시계 FR-4 기판을 사용하여 마이크로스트립 패치 안테나를 제작한 후 DC 전계를 인가함으로써 공진주파수의 이동을 확인하였다. 실험을 통하여 PVDF 압전기판에 1500 V/mm까지 DC 전계를 인가하였을 경우 최대 17 MHz의 변화율을 보였고 FR-4 기판에서는 변화를 갖지 못하였다. 이러한 결과들은 압전기판을 사용한 광대역 또는 이중밴드를 갖는 마이크로스트립 안테나에 응용 가능할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

[1] H. Y. Wang, S. Taylor, J. Simkin, J. M. Oakley, C. Emson and M. J. Lancaster, "Simulation of Microstrip Small Antennas" IEEE. Ant. and Propagat. Vol. 2, No. 480, pp. 611-614, 2001.

[2] M. Yang, Y. Chen, R. Mittra and Z. Gong, "U-shaped planar inverted-F micro-strip antenna with a U-shaped slot inset for dual-frequency mobile communications", IEEE. Ant. and Propagat, Vol. 150, pp. 197-202, 2003.

[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, pp. 36-38, 2003.

[4] D. M. Pozar, "Microstrip Antennas", *IEEE Trans. Ant. and Propagat.* Vol. 80, No. 1, p. 79, 1992.

[5] M. Khodier and C. G. Christodoulou, "A Technique to further Increase the Bandwidth of stacked Microstrip Antennas", *IEEE Trans. Ant. and Propagat.* Vol. 3, pp. 1394-1398, 2000.

[6] S. Y. Lin, H. R. Chuang and T. S. Horng, "2.4 GHz LNA/PA/circularly polarized active Microstrip Antennas", *Microwave Journal*, Vol. 42, No. 1, pp. 22-25, 1999.

[7] 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, pp. 515-516, 2001.

**저자**

**강 현 일(Hyunil Kang)**

**정회원**



- 2001년 2월 : 성균관대학교 전기전자및 컴퓨터 공학과 학사졸업
- 2003년 2월 : 성균관대학교 전자전기 석사졸업
- 2007년 8월 : 성균관대학교 전자전기 박사졸업

· 2011년 2월 ~ 현재 : 한밭대학교 전기공학과 전임강사  
 <관심분야> : 이동통신, 안테나

**정 연 호(Yeun-Ho Joung)**

**정회원**



- 1995년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1997년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 석사졸업
- 2103년 12월 : Georgia Institute of Technology 박사졸업

· 2010년 2월 ~ 현재 : 한밭대학교 제어 계측공학과 조교수  
 <관심분야> : 이동통신, MEMS센서

**황 현 석(Hyun Suk Hwang)**

**정회원**



- 1995년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1997년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 석사졸업
- 2007년 8월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사졸업

· 2009년 3월 ~ 현재 : 서일대학 전기과 조교수  
 <관심분야> : MEMS센서, 통신부품

**임 윤 식(Yun-Sik Lim)**

**정회원**



- 1991년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1993년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 석사졸업
- 1998년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 박사졸업

· 1998년 3월 ~ 현재 : 여주대학 방송계 작업예과 부교수  
 <관심분야> : 무선통신, 방송기술

**유 영 식(Young Sik Yu)**

**정회원**



- 1986년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1989년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 석사졸업
- 1999년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 박사졸업

· 1993년 3월 ~ 현재 : 여주대학 전기과 교수  
 <관심분야> : 고분자 절연재료, 태양에너지

**송 우 창(Woochang Song)**

**정회원**



- 1990년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1992년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 석사졸업
- 2001년 8월 : 성균관대학교 전기공학과 박사졸업

· 2010년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 전기 공학과 조교수  
 <관심분야> : 고분자 절연재료, 태양에너지

**이 종 성(Jongsung Lee)**

**정회원**



- 1990년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1996년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 석사졸업
- 2008년 2월 : 성균관대학교 전기공학과 박사졸업

· 2001년 3월 ~ 현재 : 부천대학 전자과 부교수  
 <관심분야> : 무선통신, 로봇제어