

압전기판을 이용한 광대역 마이크로스트립 안테나에 관한 연구

조 익현, 김 영훈, 송 준태
성균관 대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학과

A Study on Broadband Microstrip Antennas using Piezoelectric Substrates

Ik Hyun Cho, Young Hoon Kim, Joon Tae Song
School of electrical and computer engineering, Sungkyunkwan University

Abstract - A technique is investigated for achieving broadband properties by controlling the operation frequency of microstrip antennas. The control is achieved by applying DC and AC bias to the microstrip antenna. Air gap antenna with pzt post and microstrip antenna with simple rectangular patch on the LiNbO₃ substrate were fabricated. In the case of Air gap antenna, the variation of operating frequency was 11Mhz and LiNbO₃ antennas was 11Mhz. Also, frequency scanning was achieved by applying AC bias.

접지판과 패치 사이의 Air Gap을 0.53mm로 하여 중심 주파수 4.5(Ghz)의 Air Gap 안테나를 제작하였다. 제작한 Air Gap 안테나를 그림 1에 나타내었다.

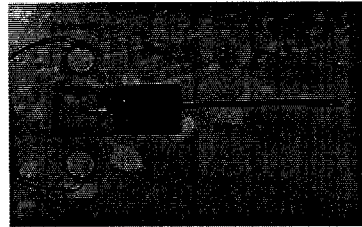


그림 1. 제작한 Air Gap 안테나

1. 서 론

마이크로스트립(microstrip) 안테나는 유전체에 접지면(ground)과 금속 패치(patch)를 결합한 구조로 되어 있다. 패치의 모양은 다양하지만 가장 많이 사용되고 있는 것은 구조가 단순한 단형(rectangular) 마이크로스트립 패치 안테나이다.

마이크로스트립 안테나의 가장 큰 단점은 낮은 이득과 대역폭이 1~수% 정도의 좁은 대역 특성을 가지고 있다는 것이다. 따라서 마이크로스트립 안테나가 제안된 이래로 광대역 특성에 대해서 가장 많은 연구가 진행되어왔다[1]. 특히 pozar에 의해 개구 급전 방법이 제안된 이후 다양한 대역폭 확장 방법과[2] 동작 주파수 대역을 조정(frequency agile)함으로써 광대역 특성을 얻을 수 있는 방법들도 제안되었다[3]. 현재까지 제안된 광대역 패치 안테나의 구조는 크게 직교모드 이중 대역 패치 안테나, 다수 패치에 의한 다중 주파수 안테나, reactively-loaded 안테나들이 있다[4]. 그러나 이러한 안테나들은 구조가 복잡하여 제작이 어렵고 안테나의 제작이 증가하므로 소형화에 어려움이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해 안테나의 기판물질로 LiNbO₃ 압전기판을 사용하여 단형 마이크로스트립 패치 안테나와 압전체를 지지물로 하는 Air Gap 안테나를 제작하고, 기판의 압전성질을 이용하여 안테나의 공진 주파수를 이동시켜 대역폭을 증가시킴으로써 향후 이동 통신 등에 응용가능성을 조사하였다.

2.2 마이크로스트립 안테나의 제작

본 논문에서는 전계에 의한 마이크로스트립 안테나의 주파수 변화를 관찰하고자 하였고 때문에 제작 방식을 단순화하기 위해 LiNbO₃ 웨이퍼 기판 위에 구형 패치로 소자를 제작하였다. 본 연구에서는 Crystal Technology사의 Y-cut, Z-propagation, 두께 0.52mm, 직경 3인치인 LiNbO₃를 사용하였다. 기판의 세척은 초음파 세척기에서 아세톤에 10분간 세척하여 유기물을 제거한 후 메탄올과 D.I. water에 각각 10분간 세척한 후 질소 가스를 사용하여 건조시켰으며 세척시 온도는 70℃로 유지하였다. 세척이 끝난 기판에 Thermal evaporator를 이용하여 전극을 증착하였다. 증착시의 진공도는 3×10^{-6} Torr이었으며, 텅스텐 보트를 사용하였고 전극 증착에 사용된 전극재료는 전기적 전도도가 높은 은(Ag, 99.99%)을 사용하였다.

패치는 길이 25mm, 폭 24mm로 패턴을 설계, 제작하여 그 위에 기판을 고정시킨 후 전극을 증착시켜 제작하고, 접지판은 패치보다 $\lambda/2$ 정도 크게 제작하였다. 패치와 접지판을 제작한 후에 접지판을 SMA cable의 ground에 고정하고 급전선(feed line)은 clamp효과를 억제하고 기판의 strain을 최대화하기 위해서 gold wire를 이용해 SMA cable에 연결하였다. 제작한 안테나를 그림 2에 나타내었다.

2. 실 험

2.1 Air Gap 안테나의 제작

두께 1.5mm의 아크릴 기판에 구리 박판을 이용하여 접지판과 패치를 각각 제작하였다. 지지물은 두께가 0.28mm, 공진 주파수 2.9[khz], 지름 25mm인 PZT를 사용하였고, Network Analyzer를 통하지 않고 직접 외부 bias를 인가하기 위해 양쪽 지지물에 전선을 연결하였다. 패치의 크기를 가로×세로 각각 30mm로 하고 15mm지점에서 급전선을 연결하였다. 패치에 연결된 급전선은 pzt의 strain을 최대로 하기 위해서 gold wire를 이용하여 SMA cable의 ground에 연결하였다.



그림 2. LiNbO₃기판 위에 제작한 마이크로스트립 안테나

2.3 안테나의 특성 측정

Keithley230 Voltage source와 function generator를 이용하여 PZT 지지필에 DC bias와 0.01hz에서 1.5hz까지 주파수 별로 AC 전압을 인가하면서 Vector Network Analyzer(HP 8722D)를 통해 Air Gap 안테나의 공진 주파수 변화를 관찰하였다.

LiNbO₃기판 위에 패치를 제작한 안테나는 Network Analyzer의 Bias-T를 통해 안테나 패치에 직접 전압을 인가하면서 전압에 따른 안테나의 동작특성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 측정 결과 및 고찰

그림 3에 Air Gap 안테나의 지지필에 AC 전압을 10V로 일정하게 하고 주파수를 가변 하면서 인가했을 때 각각의 주파수 변화 특성을 나타내었다.

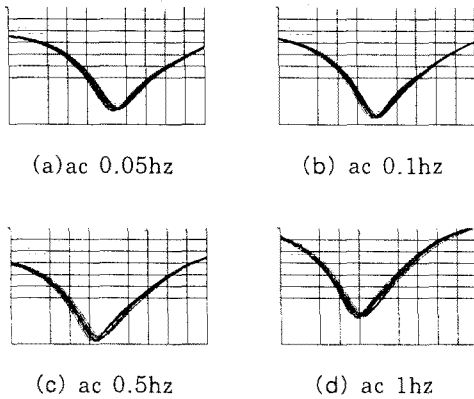


그림 3. AC 주파수에 따른 Air Gap 안테나의 공진 주파수 변화 특성.

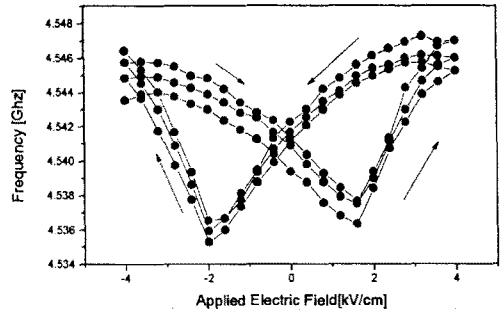
AC 주파수가 증가할수록 안테나 공진 주파수의 변화량이 증가함을 알 수 있다. 또한 시간이 지남에 따라 공진 주파수가 낮아짐을 볼 수 있다. 이는 연속적으로 AC 전계를 가함에 따라 PZT의 피로현상[5]에 의해서 PZT의 자발 분극(spontaneous polarization)이 커져 분역(domain)이 증가함으로써 PZT의 두께가 미세하게 증가하고 있기 때문이라 사료된다. AC 주파수별 안테나 공진 주파수의 변화를 표 1에 정량적으로 나타내었다.

표 1. AC 주파수별 안테나 공진 주파수의 변화

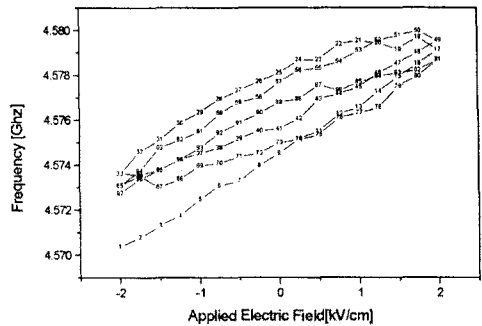
AC 인가 주파수	최저 주파수 [Ghz]	최고 주파수 [Ghz]	주파수 변화량 [Mhz]
0.05Hz	4.7930	4.7965	3.5
0.1Hz	4.7875	4.7915	4
0.5Hz	4.7810	4.7860	5
1Hz	4.7775	4.7835	6
1.5Hz	4.7765	4.7805	5

그림 4에 DC Bias의 크기에 따른 Air Gap안테나의 공진 주파수 특성을 나타내었다. 그림 4(a)의 그래프에서 인가전계 -4[kV/cm]부터 2[kV/cm]까지는 안테나의 공진 주파수가 지속적으로 감소하다가 2[kV/cm]가 지나면서 다시 공진 주파수가 증가함을 볼 수 있다. 또한 -4[kV/cm]를 거쳐 2[kV/cm]까지 다시 선형적으로 공진 주파수가 감소하다가 -2[kV/cm]를 지나면서 공진 주파수가 다시 증가한다. 그림 4(a)의 그래프는 PZT

강유전체의 strain 곡선과 일치한다. (6). 안테나의 주파수 변화는 Air Gap간격의 변화에 비례함을 알 수 있다. 두 피크치간의 전압 차는 강유전체의 이력곡선(hysteresis loop)에 의해 발생한다(7). 그림 4(b)에 PZT의 항전계를 넘지 않는 범위에서 전압을 인가했을 때의 안테나의 공진 주파수 변화를 나타내었다. 항전계를 넘지 않는 범위에서는 안테나의 공진 주파수가 선형적으로 변화함을 알 수 있다. 따라서 강유전 특성을 보이지 않는 압전체를 사용할 경우 인가전압에 의해 선형적으로 안테나의 중심주파수를 변화시킬 수 있다고 사료된다.



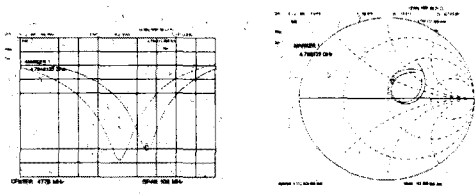
(a) ±4[kV/cm] 인가시 주파수변화 특성



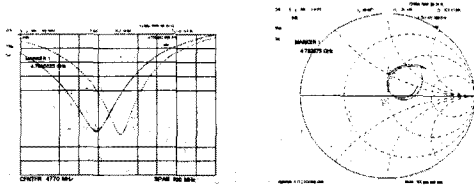
(b) ±2[kV/cm] 인가시 주파수변화 특성

그림 4. DC 전압에 따른 Air Gap 안테나의 주파수 변화 특성

그림 5에서는 인가 전압에 따른 안테나의 주파수 특성과 임피던스 특성을 나타내었다. 그림 5(a)에서는 -4[kV/cm]를 인가했을 때 안테나의 공진 주파수가 bias를 인가하기 않고 측정한 기준 공진 주파수 보다 증가하고 또한 스미스 차트 상에서의 임피던스 특성이 기준 임피던스보다 용량성으로 이동한 것을 볼 수 있다. 반대로 그림 5(b)에서는 2[kV/cm]를 인가했을 때 안테나의 공진 주파수가 기준 공진 주파수보다 감소하고 임피던스 특성이 유도성 영역으로 이동함을 알 수 있다. 즉, -4[kV/cm]를 인가했을 때 Air Gap의 간격이 줄어들었음을 나타낸다. 이는 PZT의 자발 분극이 작아져서 분역이 줄어들어서 PZT의 두께가 미세하게 줄어들었음을 알 수 있다. 또한 역으로 항전계 값인 2[kV/cm]를 지나면서 다시 자발분극이 커져서 Air Gap의 간격이 늘어났음을 나타낸다.



(a) -4[kV/cm] 인가시

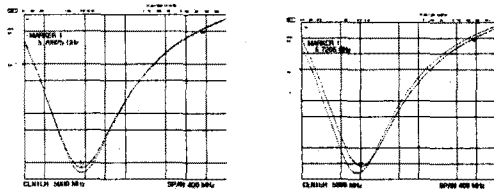


(b) 2[kV/cm] 인가시

그림 5. 인가전압에 따른 안테나의 공진 주파수 및 임피던스 변화 특성 (SPAN 100MHz)

LiNbO₃ 기판 위에 제작한 마이크로스트립 안테나의 DC bias에 따른 공진 주파수 특성을 그림 6에 나타내었다. 480(V/cm)인 DC 전계를 인가했을 때 공진 주파수가 5.709(GHz)에서 5.720(GHz)로 약 11(MHz)의 변화를 보였다.

LiNbO₃가 Y-cut z-propagation인 것을 고려해보면 pzt에 비해 실제로 안테나의 strain에 영향을 준 전계는 약 48(V/cm)정도로 아주 미약하나 주파수 변화는 Air gap의 경우와 비슷했다.



(a) bias 인가전 (b) 480(V/cm) 인가시

그림 6. LiNbO₃ 기판 위에 제작한 마이크로스트립 안테나의 인가전압에 따른 주파수 변화 특성 (SPAN 400MHz)

4. 결 론

본 실험에서는 안테나의 패치 구조를 복잡하게 제작하지 않고도 전압에 의하여 기판의 두께를 조정함으로써 안테나의 공진 주파수의 이동이 가능함을 보였다. 또한 이를 통해서 광대역 마이크로스트립 안테나와 주파수 검색(frequency scanning)이 가능하리라 사료된다. 현재 Air Gap 안테나에서는 대단히 큰 dc전계에서 11Mhz 정도의 미약한 변화를 보였지만 직접 압전기판에 제작한 안테나의 경우 적은 전계로도 비슷한 주파수 변화를 얻었다.

향후 전계 인가 방향과 압전체의 전파(propagation) 방향이 같은 물질을 기판으로 사용할 경우 10V미만의 저전압으로도 충분히 넓은 광대역 특성을 얻을 수 있으리라 사료된다. 또 AC 전압의 경우에는 입력 주파수가 증가할수록 주파수 변화량이 커짐을 고찰하였다. 본 실험에서 사용한 PZT의 공진 주파수가 2.9kHz인 것을

고려하면 압전체의 공진 주파수에 상응하는 주파수의 AC 전압을 인가할 경우 저전압으로도 충분히 큰 주파수의 변화를 도출해 낼 수 있을 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] D. Sanchez-Hernandez and Ian D. Robertson. "A survey of Broadband Microstrip Patch Antennas". Microwave Journal, vol. 39, No. 9, pp.60-82, 1996.
- [2] D. M. Pozar and D. H. Schaubert, "Microstrip Antennas-The Analysis and Design of Microstrip and Arrays", IEEE Proc., 1995.
- [3] Satish K. Sharma and Babau R. Vishvakarma, "Frequency agile microstrip antenna", Int. J. Electronics, Vol. 84, No. 1, pp. 55-67, 1998.
- [4] S. Maci and G. Biffi Gentilli, "Dual-Frequency Patch Antennas", IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 39, No. 6, Dec. 1997.
- [5] 김 준한, "Sol-Gel법에 의한 비취발 메모리용 PZT 박막의 강유전 특성에 관한 연구", 박사학위 논문, 연세대, 1995.
- [6] Kenji Uchino, "Piezoelectric actuators and Ultrasonic motors", Kluwer Academic publishers, 1997
- [7] 홍 권, "솔-젤법에 의한 강유전성 PZT 박막의 제조 및 유전특성에 관한 연구", 박사학위 논문, 고려대, 1995.