

PZT를 이용한 Air gap 안테나의 공진특성에 관한 연구

A Study on the Resonant Properties of Air gap Antenna using PZT

김 영훈*, 조익현*, 김동현*, 임승혁* 송준태*

(Young Hoon kim, Ik Hyun Cho, Dong Hyun Kim, Sung Hyuck Lim, Joon Tae Song)

*: 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

Abstract

A technique is investigated for achieving broadband properties by controlling the operation frequency of microstrip antennas. The control is achieved by applying DC bias to the microstrip antenna. Air gap antenna with PZT post is fabricated. by using in C-band. In the case of Air gap antenna, the variation of center frequency was about 16Mhz and the bandwidth was increased up to 132.3% at 15dB, 160.7% at 20dB than before applying DC bias respectively. The change property of frequency in air gap antenna is nearly the same the C-V property in PZT

Key words(중요용어) : microstrip antenna, PZT, broadband, bandwidth

1. 서 론

근래에 이동 통신 등의 무선을 이용하는 시스템이 급속히 발전하며 보급됨에 따라, 각 부품의 경량화, 소형화가 요구되었다. 특히 많은 공간을 차지하는 안테나의 경우에도 소형화, 고기능화가 요구되었다. 이에 의해서 다양한 형태의 안테나가 연구되고 발전하고 있다. 그 중에 하나인 마이크로스트립안테나는 1 GHz에서 10 GHz사이인 초고주파 대역에서 사용할 수 있는 대표적인 것으로써 많이 연구되고 있는 안테나이다. 마이크로스트립 안테나는 주파수 대역폭이 좁고, 유전체 손실과 급전 손실에 의하여 안테나 이득이 제한을 받으며, 가용 전력량이 작고, 표면파 발생과 높은 편파도를 가지는 단점이 있으나, 제작이 용이하고, 인쇄 회로 기판 기술에 의한 대량 생산이 가능하고, 크기가 작고, 가볍고, 전자부품과 집적이 쉽기 때문에 우주선, 미사일, 위성 등에 부착시켜 많이 사용되고 있다. 마이크로스트립안테나의 주파수대역, 감도등 특성은 전극면적, 전극패턴, 유전체의 두께, 유전률, 유전정접에 의하여 결정된다. 마이크로스트립안테나의 좁은 대역폭을 개선하기 위하여 주로 전극패턴설계에 의하여 공진 주파

수의 이동^[1], 대역폭 확장^[2,3] 등 안테나특성을 향상시키는 연구에 집중되어 있다.^[4]

본 연구에서는 안테나의 송수신 공진 주파수와 대역폭을 리얼타임으로 조정, 이동할 수 있는 마이크로스트립안테나에 대하여 연구하고자 한다. Air Gap 안테나의 지지폴로 PZT 압전 기판을 이용하여 압전기판에 DC 전압을 인가하고 그 전압의 크기에 의하여 주파수특성을 조정하는 방법으로 송수신하는 중에 공진 주파수와 대역폭을 리얼타임으로 조정할 수 있음을 이론적으로 제시하고 실험을 통하여 확인하여 새로운 능동마이크로스트립안테나를 제시하고자 한다.

2. 프링징 효과(Fringing effect)

마이크로스트립 패치의 크기는 길이와 폭의 크기가 유한하기 때문에 패치의 가장자리에서 필드는 프링징을 겪게 된다. 이 효과는 폭에도 똑같이 적용된다. 프링징의 양은 패치 크기와유전체 높이의 함수이다. 마이크로스트립 안테나는 $L/h \gg 1$ 이기 때문에 프링징은 줄어들지만 안테나의 공진 주파수에 영향을 미치기 때문에 반드시 고려해야 한다.

그림 1의 (a)의 마이크로스트립선인 경우 일반적인 전계선은 그림 1의 (b)와 같다. 이것은 유전체와 공기간에 비균일(nonhomogeneous)한 선이다. 그림에서 보듯이 대부분의 전계는 유전체 내부에 존재하지만 일부는 공기 상에 있다. 이런 경우 프린징으로 인해 마이크로스트립선은 실제 크기에 비해 전기적으로 더 넓게 보인다. 일부 웨이브는 유전체에서, 일부는 공기로 진행하기 때문에 실효유전상수(Effective dielectric constant, ϵ_{reff})가 라인상에서 웨이브의 전파와 프린징을 설명하기 위해 등장하게 되었다.

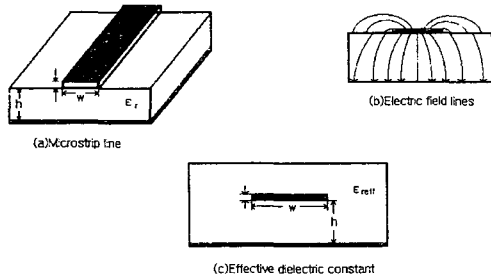


그림 1. 마이크로스트립선, 전계선, 실효 유전상수

Fig 1. Microstrip line, Electric field lines, Effective dielectric constant

실효유전상수를 설명하기 위해, 그림 1의 (c)에서처럼 접지면 위에 크기와 높이를 가진 마이크로스트립선 도체를 하나의 유전체 속에 끼워 넣었다고 가정하자. 실효유전상수는 그림 1의 (c)의 선이 (a)의 실제 선과 같은 전기적인 특성을 가지기 위한 균일한 유전물질의 유전상수로 정의된다. 유전체 위에 공기를 가진 라인의 경우, 실효 유전상수는 $1 < \epsilon_{\text{reff}} < \epsilon_r$ 인 범위의 값을 가진다. 실효 유전상수는 주파수의 함수이므로 동작 주파수가 증가할수록 대부분의 전계는 유전체내에 집중된다. 따라서 마이크로스트립 선로는 단일 유전체의 값처럼 나타나서 유전체의 유전상수에 접근한다. 실효유전상수의 식은 다음과 같다.

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w} \right]^{-1/2} \quad \text{식(1)}$$

윗 식에서 substrate의 높이 h가 변수로 작용하

므로 h를 변화시켜 주파수를 변화시키고자 한다.

3. 실험 방법

본 실험에서는 두께가 5 mm인 아크릴 기판에 구리 박판을 이용하여 하부 접지판과 상부 패치를 각각 제작하였다. 지지폴로는 두께가 0.28 mm, 공진 주파수 2.9 [kHz], 지름 25 mm인 PZT를 사용하였고, 마이크로스트립 안테나에 영향을 미치지 않도록 외부에서 DC bias를 가할 수 있도록 연결하였다. 그림 2와 같이 상부 패치의 크기를 가로는 30 mm로, 세로는 25 mm로 하고, 중간에 급전선을 연결하였다. PZT가 인가된 전계에 의해 두께의 변화를 줄 수 있도록 급전선은 gold wire를 사용하여 구리 박판과 SMA cable에 연결하였다. 접지판과 패치 사이의 간격을 0.53 mm로 하여 중심 주파수 4.7 [GHz]의 Air gap 안테나를 제작하였다. 인가된 DC bias는 -360 [V]부터 360 [V]까지 20 [V]씩 순차적으로 가하였다.

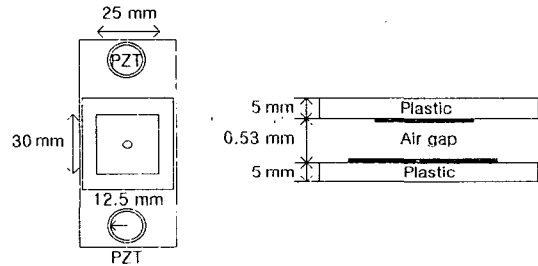


그림 2. 제작된 Air gap 안테나의 모형

Fig 2. Fabricated of Air gap antenna

4. 실험 결과 및 고찰

그림 3에 DC bias의 크기에 따른 Air gap 안테나의 공진 주파수 특성을 나타내었다. 이 그래프에서 보이듯이 13 [kV/cm]부터 -1.43 [kV/cm]까지는 비선형적이기는 하지만 증가하다가 그 이하의 전압에서는 감소하고 다시 -13 [kV/cm]에서 1.43 [kV/cm]까지는 증가하다가 그 이상의 전압을 가하면 감소하는 것을 알 수 있었다. 특히 -3.61 [kV/cm]와 3.61 [kV/cm]사이에서는 급격한 변화를 보이는 것을 알 수 있었다. 즉 ± 1.43 [kV/cm]에서 Air gap이 줄어들었다고 할 수 있다^[5]. 이는 항전계값에 도달할 때까지 PZT의 자발 분극이 작아져서 분극이 줄

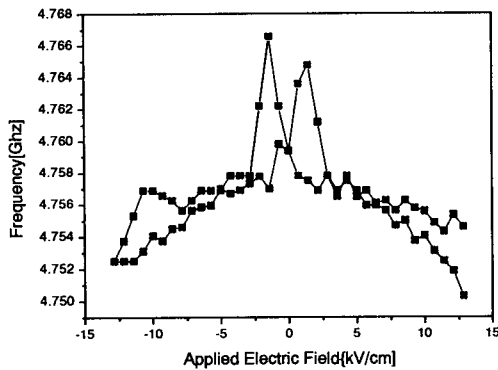


그림 3. Air gap 안테나의 주파수 변화 특성
Fig 3. Property of frequency change in air gap antenna

어둡으로 인해 PZT의 두께가 미세하게 줄었다고 할 수 있다. 다시 그이상의 DC bias를 인가했을 때는 다시 자발분극이 커져서 Air gap이 늘어났음을 나타내며, 그림 3은 PZT의 C-V곡선과 비슷한 형태로 그려진 것을 알 수 있었다^[6].

그림 4에서는 안테나의 반사 손실(Return loss)를 나타내었다. 그림에서 (a)는 13 [kV/cm]를 인가, (b)는 bias를 가하지 않았을 때, (c)-1.43 [kV/cm]를 인가했을 때를 나타내고 있다. 그림에서 나타나듯이, bias를 가함으로써 중심 주파수가 약 16 [Mhz] 정도 이동하였음을 알 수 있었다.

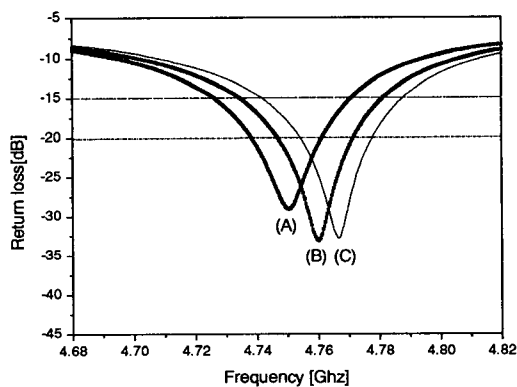


그림 4. 안테나의 대역폭 변화 특성
Fig 4. Property of bandwidth change in air gap antenna

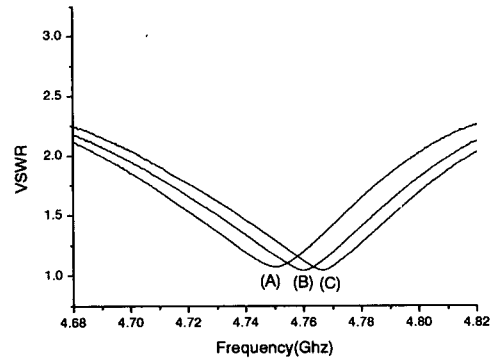


그림 5. Air gap 안테나의 정재파비(VSWR)
Fig 5. VSWR in air gap antenna

그림 5는 안테나의 정재파비(VSWR)를 나타내었다.

그림 6에서는 임피던스 변화특성을 나타내었다. 그림에서 안테나의 공진 주파수가 기준 공진 주파수보다 감소했을 때 임피던스 특성이 유도성 영역으로 이동하고 반대로 안테나의 공진 주파수가 기준 공진 주파수보다 증가했을 때 주파수의 변화만큼 스미스차트 상에서 용량성으로 이동한 것을 알 수 있었다.

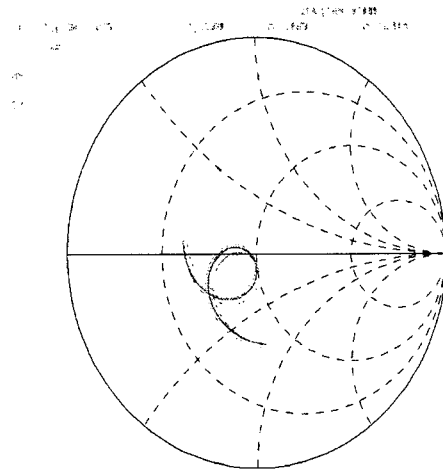


그림 6. 안테나의 임피던스 변화 특성
Fig 6. Change property of impedance in air gap antenna

5. 결론

본 실험에서는 안테나의 구조 및 제작 과정을 복잡하고 정밀하게 제작하지 않고도 DC bias에 의하여 substrate의 높이 h 를 변화시켜 안테나의 공진 주파수의 이동이 가능함을 보였다. 또한 이를 통해서 광대역 마이크로스트립 안테나로, 또는 주파수의 이동을 이용 다른 주파수대의 안테나로의 개발이 가능하리라 생각한다. 본 실험에서 제작된 Air gap 안테나의 경우에는 대단히 큰 DC bias를 가하여 약 16 [Mhz]정도의 적은 변화를 보였지만 전계 인가 방향과 압전체의 전파(propagation)방향이 같은 물질을 직접 압전 기판으로 제작한 안테나의 경우에는 충분히 적은 전계에서도 보다 큰 주파수의 변화량을 얻을 수 있을 것으로 생각되어진다. 또한 압전 기판을 이용해서 현재 개발되어지고 있는 광대역 또는 이중 밴드를 갖는 안테나에 응용할 경우 보다 좋은 특성을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Satish K. Sharma and Babau R. Vishvakarma, "Frequency agile microstrip antenna", Int. J. Electronics, Vol. 84, No. 1, pp. 55-67, 1998.
- [2] D. M. Pozar and D. H. Schaubert, "Microstrip Antennas-The Analysis and Design of Microstrip and Arrays", IEEE Proc., 1995.
- [3] S. D. Targonski, R. B. Waterhouse, "Design of wide-band aperture-stacked patch microstrip antennas", IEEE Transactions on antennas and propagation, Vol. 46, NO. 9, pp 1245-1251 September 1998
- [4] S. K .Palit and A. Hamadi, "Design and development of wideband and dual-band microstrip antennas", IEEE Proc.-Microw. Antennas Propag., Vol. 146. No. 1. pp 35-39 February 1999
- [5] Kamy Yekeh Yazdandoost, Dr.(Mrs)D. C. Gharpure,"Simple Formula for Calculation of the Resonant Frequency of a Rectangular Microstrip Antenna", Proc. of the IEEE 5th International Symp. on Spread Spectrum Techniques & Applications, Vol. 2 , pp. 604-605 , 1998.
- [6] Francis K. Chai, J. R. Brews, R. D. Schrimpf and D. P. Brinie III, "Domain switching and spatial dependence of permittivity in ferroelectric thin films" J. Appl. Phys. vol. 82, No.5, pp.2505-pp.2516, 1997