한국전기전자재료학회 2001년도 하계학술대회 논문집

주파수 조정이 가능한 PZT Air-Gap Antenna

Frequency Agile Air-Gap Microstrip Antennas using PZT

우형관*, 하용만*, 오승재*, 송준태*.
(Hyoung Gwan Woo, Yong Man Ha, Seung Jae Oh, Joon Tae Song)

Abstract

This paper investigated that resonant frequencies of microstrip patch antenna were frequency aigle when PZT were used as the antenna substrates. The resonant frequencies of the antenna using the piezoelectric substrate were able to be controlled by applied voltage. The frequency variation of the air gap antenna was 16MHz when the voltage variation was 12[KV/cm].

Key Words : microstrip antenna, PZT, piezoelectric material, resonant frequency,

1. 서 론

근래에 이동 통신 등의 무선을 이용하는 통신 시스템이 급속화 되면서 안테나에 대한 관심이 커지고 있다. 특히 대량 생산이 용이하고 경량인 마이크로스트립 안테나에 대한 관심이 커지고 있다. 마이크로스트립 안테나는 초고주파 대역에서 사용할 수 있는 대표적인 것으로써 많이 연구되고 있는 안테나이다. 마이크로스트립 안테나는 가격이 싸고 부피가 작고, 경량이며 평면 배열이 용이하여 고속 이동체의 굴곡면에 부착하기 쉽다는 이점이 있는 반면, 협대역 특성, 제한된 전력 용량 등의 단점이 있다. 마이크로스트립 안테나의 공진 주파수를 조정하기 위해서 많은 연구들이 행하여져 왔다. 대역폭을 넓히기 위해서는 패턴 모양을 여러 개로 만들어 제작하거나[1], 개구 결합 방법을 이용하여 다층으로 쌓는 방법[2] 등이 있고 dual-band로 하기 위해서는 두 개의 층으로 패치를 만드는 방법[3]과 상부 패치와 급전점과 거리를 두어 고차 모드를 이용하는 방법[4] 등이 있다. 이런 연구들은 제작 상에 있어서 많은 단계를 거쳐서 복잡하고 정밀하게 제작되어야 하며, 제작 후에는 주파수의 조정이 불가능한 단점들이 있다. 본 논문에서는 새로운 방법으로 단순한 구형의 형태에서 안테나의 물리적 변형을 가하지 아니하고 안테나의 기판을 압전체로 대체하여 전계를 인가했을 때의 압전 현상, 기계적 변위를 이용하여 리얼타임으로 안테나 기판에 변화를 가해 주파수를 이동하고자 하였다. 압전 현상을 이용한 이론적 접근을 하여 PZT 압전체를 사용한 Air Gap 안테나를 제작하고 압전 기판에 전압을 인가하여 전압의 변화에 따

* 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과
(경기도 수원시 장안구 천천동300 성균관대학교,
Fax: 031-290-7159
E-mail : skkuwhg@hanmail.net)

라 안테나의 대역 주파수 이동을 확인하였다. 또한 Ansoft사의 안테나 시뮬레이션 tool인 Ensemble v7.0을 사용하여 안테나의 특성을 평가하였다.

2. 실험 방법

2..1 관련 이론

압전물질(piezoelectric material)은 비대칭적인 (asymmetric) 전자 격자 구조를 가지고 있어서 전계를 가하면 기계적 변형(strain)이 생기고 역으로 압력을 가할 때 전계가 발생된다. 이러한 에너지 변환 현상을 압전현상이라 한다. 즉 압전물질에 대해서는 기계적 에너지와 전기적 에너지가 상호변환이 가능하다. 모든 강유전체는 압전성을 나타내지만 반대로 압전체라고 모두 강유전체는 아니다. 압전 방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S = s^E T + d_t E \quad \text{(식 1)}$$

$$D = d T + \varepsilon^T E$$

(식 1)의 윗 식에서 근사적으로 T=0으로 가정하면,

$$S = d_t E \quad \text{(식 2)}$$

이다. 여기서, dt는 압전 상수이다. 인가된 전계에 대한 변위 S를 다음의 공진주파수 실험식에 인용한다.

$$f_r(Ghz) = \frac{16.299}{(L+0.7h)(\varepsilon_r+0.538)^{1/2}} \quad \text{(식 3)}$$

전계에따른 PZT의 변위를 그림 1에 나타내었다.

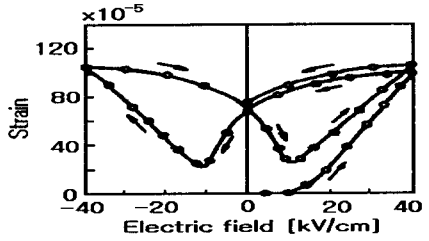


그림 1. 전계에 따른 압전체(PZT)의 변위.

Fig 1. Strain of PZT

2.2 Air-gap 마이크로스트립 안테나의 제작

본 실험에서 제작한 Air-gap 마이크로스트립 안테나는 두께가 5 mm인 아크릴 기판에 구리 박판을 이용하여 하부 접지판과 상부 패치를 각각 제작하였다. 지지폴로는 교세라에서 제작되어진 두께가 0.28 mm, 공진 주파수 3 [khz] ±30, 지름 25 mm인 PZT를 사용하였고, 그림 2와 같이 상부 패치의 크기를 가로는 26 mm로, 세로는 26 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 0.5 mm로 하여 중심 주파수5.6 [Ghz]의 Air gap 안테나을 제작하였다. 제작한 안테나를 그림 2에 나타내었다.

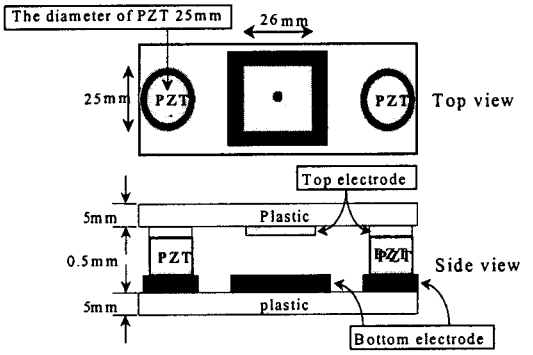


그림 2. 제작한 Air Gap 안테나

Fig 2. The schematic diagram of fabricated Air-gap antenna

2.3 안테나의 특성 측정

Fluke 5100B Voltage source와 function generator (LG FG-8002)를 이용하여 PZT 지지폴에 DCbias를 인가하면서 Vector Network Analyzer (HP 8722D)를 통해 Air Gap 안테나의 공진 주파수 변화를 관찰하였다. PZT의 두께변화에 따른 공진주파수의 변화는 Ensemble v 7.0으로 시뮬레이션하여 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 DC인가에 따른 공진주파수 변화

그림 3에 DC Bias의 크기에 따른 Air Gap안테나의 반사손실(return loss)을 나타내었다. 이 그래프에서 (a)는 DC -2[kV/cm]을인가했을 때, (b)는 전계를 인가하지 않았을 때, (c)는 12[kV/cm]을 인가했을 때의 반사손실이다. 안테나의 중심주파수는 전계를 인가하기 전 (b)의 5.59[GHz]에서 12[kV/cm]을 인가했

을때 (c)5.615[GHz]로 증가하였고, -2[kV/cm]을 인가했을때 (a) 5.583[GHz]로 감소하여 인가 전계에 따라 최대 32[MHz]의 변화를 보여주었다.

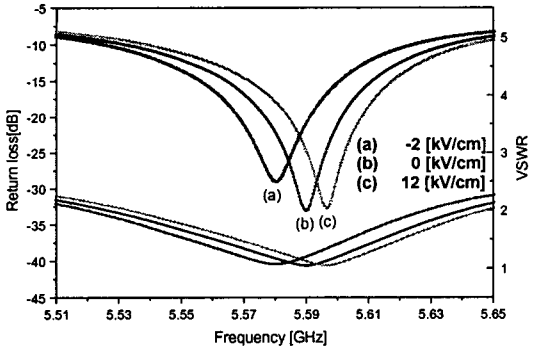
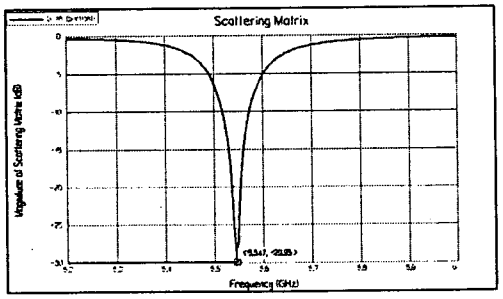


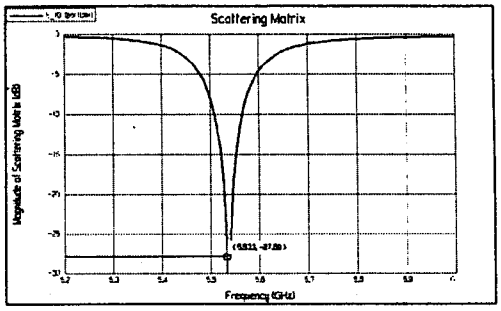
그림 3. 인가 전계에 따른 대역폭 변화

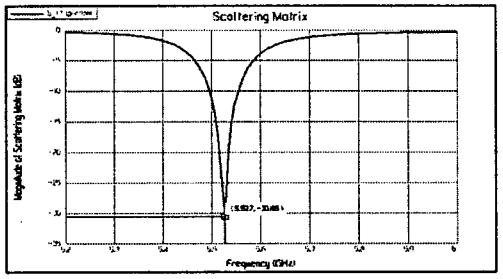
Fig 3. Bandwidth variation with applied voltage

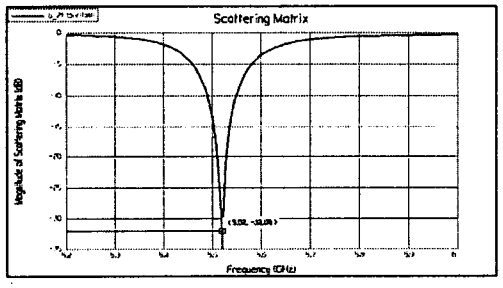
3.2 기판의 두께변화에 따른 공진주파수 변화

실제 안테나 제작은 PZT지지폴을사용하고 공기로 기판을 대신하였으나 시뮬레이션 상에서는 PZT 지지폴을 사용할 수 없는 관계로 유전율이 1인 기판으로 대체하여 시뮬레이션한 결과 공진주파수의 변화는 그림 4와 같다. 두께변화에 따른 공진주파수는 5.547[GHz], 5.533[GHz], 5.527[GHz], 5.52[GHz], 5.513[GHz]로 나타났다. 시뮬레이션의 결과에 따르면 기판의 두께변화에 의해 약 34[MHz]의 공진주파수 이동이 생겼다. 이는 중심주파수는 다르나 이동폭은 거의 같은결과를 나타내고 있다. 이러한 중심주파수의 오차는 안테나제작상의 오차로 보이며 전계를 인가했을 때 유전체의 유전율의 변화에 의한 것으로 판단된다.









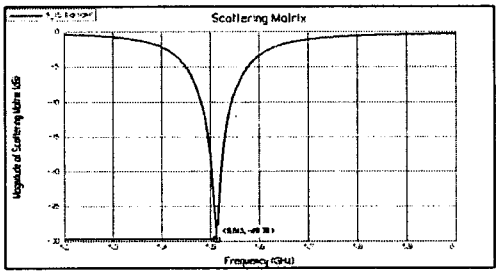


그림 4. 두께변화에 따른 공진주파수 변화

Fig 4. Resonant frequency characteristic as a thickness variation

4. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 증가시키기 위해 기판물질로 PZT 압전체를 지지폴로 하는 Air Gap 안테나를 제작하고 안테나 외부에 전압을 인가하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) PZT를 사용한 Air-gap 마이크로스트립 안테나의 경우 -2[kV/cm]인 DC 전계를 인가했을 때 공진 주파수가 5.583[GHz]에서 12[kV/cm]인 DC 전계를 인가했을 때 5.615[GHz]로 약 32[MHz]의 변화를 보였다.

(2). 압전기판을 사용한 경우 인가 전계에 따라 안테나의 부하특성을 직접 제어할 수 있다.

(3). 압전기판 위에 제작한 안테나는 Air Gap안테나보다 적은 전압으로 큰 폭의 주파수 변화를 얻을 수 있다.

(4). 강유전체를 지지폴로 사용할 때, 주파수 변화는 항전계 내에서 가장 크게 일어난다.

(5). 안테나 공진 주파수의 변화는 DC 전계가 증가할수록 점진적으로 증가한다.

(6). 시뮬레이션 결과에 의하면 기판의 두께가 두꺼워질수록 공진주파수가 낮아지며 두께가 얇아질수록 공진주파수가 높아지고, 실제실험과 비교하여 중심주파수의 차이는 있으나 공진주파수의 변화는 약 34[MHz]로 거의 같다.

참고 문헌

[1] Ernest E. Okon and Charles W. Turner, "A WIDE-BAND MICROSTRIP SERIES ARRAY AT MM-WAVE", 1999 high Frequency postgraduate Student Colloquium, 17 September 1999, University of Seeds.

[2] S. D. Targonski, R. B. Waterhouse, and D. M. Pozar, "Design of Wide-Band Aperture -Stacked Patch Microstrip Antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 46, No. 9, pp. 1246 -1251, September 1998.

[3] David M. Pozer and Sean M. Duffy, "A Dual-Band Circularly Polarized Aperture -Coupled Stacked Microstrip Antenna for Global Plsitioning Satellite", IEEE Transations on Antennas and *Propagation, vol. 45, No. 11, pp. 1618-1625, 1998.*

[4] Takashi AMANO, Norimichi CHIBA, and Hisao IWASAKI, "A Quarter-Wavelength Shorted Microstrip Antenna with a Slot for Dual-Frequency Operation", IEICE Trans. Electron., vol. E82-C, No. 7, pp. 1211-1216, 1999.

[5] Duane Dimos, William L. Warren and Husam N. Al-Shareef, " Degradation mechanisms and reliability issues for ferroelectric thin films" Thin film ferroelectric materials and devices. Kluwer Academic publisers, 1997