

## X-cut quartz를 이용한 마이크로스트립 안테나의 해석

강현일, 황현석, 이규일, 이태용, 송준태  
성균관대학교 정보통신공학부

### Analysis of resonant frequency in microstrip antennas using X-cut quartz plates

Hyun-Il Kang, Hyun-Suk Hwang, Kyu-Il Lee, Tae-Yong Lee, Joon-Tae Song  
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

**Abstract :** A technique to control the operating frequency of microstrip antenna by using the X-cut quartz substrate has been investigated experimentally and theoretically. We consider 6, 8 and 10 GHz resonance frequency in three dimensional quartz plates. Equation of linear piezoelectricity are solved for the thickness-shear approximation of X-cut quartz plates. At X-band frequencies, the microstrip antenna was voltage-controllable using the dc electric field dependence of the piezoelectric constant of X-cut quartz. This work demonstrates advantageous application for X-cut quartz plate in microstrip antenna substrates.

**Key Words :** quartz, microstrip antenna, piezoelectricity.

#### 1. 서론

90년대 제2세대 이동통신 (CDMA)를 거쳐 제3세대 이동통신 (WCDMA) 시스템 수요의 증대는 안테나와 같은 부자재 시스템의 소형화, 저가화, 고주파화를 요구하고 있는 추세이다. 이러한 통신 시스템에 마이크로스트립 안테나는 협대역, 저 방사 효율, 저 이득 이라는 단점을 가지고 있지만 고주파 대역의 구현이 가능하고 소형 제작이 용이할 뿐만 아니라 대량 생산이 가능하기에 최근 많은 연구가 진행되고 있다.[1,2]

마이크로스트립 안테나의 단점인 협대역 특성을 개선하기 위해 안테나의 패치 위에 기생 소자를 적층하거나 패치 배열하여 특성을 개선하려는 연구가 되어 왔다. 그러나 이러한 구조들은 안테나의 방사효율, 임피던스 특성의 왜곡에 의한 유전체의 제한을 받게 된다.[3]

본 논문에서는 압전 특성을 가지는 물질인 Quartz(석영)를 마이크로스트립 안테나의 기판으로 사용하여 낮은 유전율로 인한 대역폭을 증대시키고 외부 전계에 의해 실시간으로 주파수를 이동시킬 수 있는 마이크로 스트립 안테나를 제작 하였다. 제작된 마이크로 스트립 안테나에 DC bias를 인가하여 주파수 이동 특성을 측정하였고, Quartz 기판의 변위를 계산 하여 시뮬레이션한 결과와 비교 분석하였다.

#### 2. 실험

그림 1은 마이크로스트립 안테나 패치의 길이와 폭이 각각 L과 W이고 두께가 1um인 스트립 라인으로 구성하였고 기판의 유전상수를  $\epsilon_r$ , 두께를 h로 표시하였다. 안테나 기판 표면의 오염을 제거하기 위해 아세톤, 메틸알

콜, DI water 순으로 organic cleaning하였다. EM 시뮬레이션 툴인 Ensemble V 7.0을 이용하여 안테나의 패치를 설계하고 evaporator로 증착시켰다.

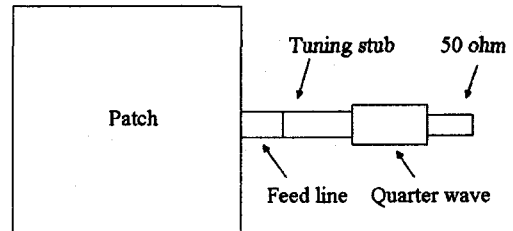


그림 1. 마이크로스트립 안테나.

본 논문에서 사용된 기판 재료 Quartz의 압전 특성 식(1)에 나타내었다. 압전 특성은 각각 thickness mode, shear mode 및 longitudinal mode의 변위(strain)를 갖는 압전 상수를 나타내고 있다.

$$d = \begin{pmatrix} 2.3 & -2.3 & 0 & -0.67 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.67 & 4.6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \times 10^{-12} C/N \quad (1)$$

#### 3. 결과 및 고찰

그림2는 X-cut quartz를 사용한 마이크로 스트립 안테나에 DC bias를 인가 하였을 때의 공진 주파수 값을 나타내고 있다. 공진 주파수 10 GHz의 안테나에 4 [kV/cm]를 인가 하였을때 55.27 MHz의 주파수 이동이 나타났다.

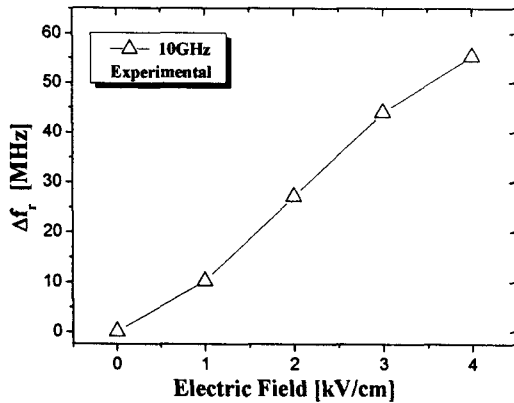


그림 2. 마이크로스트립 안테나 측정 결과

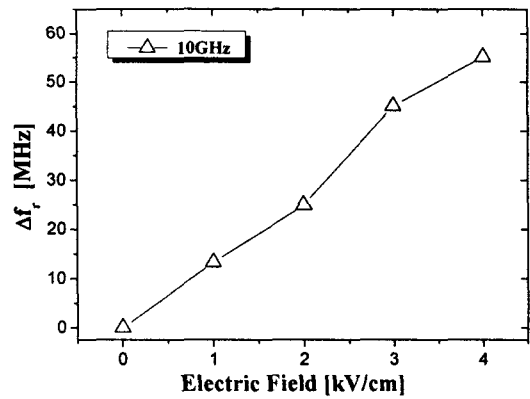


그림 3. 마이크로스트립 안테나 시뮬레이션 결과

그림2와 같은 특성이 나타나는 원인을 X-cut quartz를 사용한 마이크로 스트립 안테나의 상부 패치에 Piezoelectricity 방정식인 식(2)에 적용 시켜 보았다.

$$\begin{aligned}
 T_{ij,j} &= \rho u_j, S_{ij} = \frac{1}{2}(u_{j,i} + u_{i,j}), \\
 S_{ij} &= s_{ijkl} T_j + d_{kij} E_k, \\
 D_i &= d_{iki} T_{ki} + \epsilon_{ik} E_k
 \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)에서 외부 stress에 의한 요소는 배제 하고 식(1)을 식(2)에 대입하면 식(3)과 같이 된다.

$$\begin{aligned}
 S_n &= d_{jn} E_j \\
 S_1 &= 2.3E_1 \\
 S_2 &= -2.3E_1 \\
 S_3 &= 0 \\
 S_4 &= -0.67E_1 = 2S_{23}, 2S_{32} = S_{23} + S_{32} \\
 S_5 &= 0.67E_2 = 2S_{13}, 2S_{31} = S_{13} + S_{31} \\
 S_6 &= 4.6E_2 = 2S_{12}, 2S_{21} = S_{12} + S_{21}
 \end{aligned} \quad (3)$$

식(3)에서  $S_{1,2}$ 는 extensional mode,  $S_{4,5,6}$ 는 shear mode로 위식을 이용하여 X-cut quartz의 6 GHz, 8 GHz 그리고 10GHz 마이크로 스트립 안테나 패치의 strain 계산 하고, 계산된 결과를 Ensemble V 7.0에 대입하여 strain에 따른 마이크로 스트립 안테나의 공진 주파수 이동 값을 그림 3에 나타내었다.

시뮬레이션에 의한 마이크로 스트립 안테나의 공진 주파수 변화는 10 GHz의 안테나에 4 [kV/cm]를 인가 하였을 때 55.14 MHz로 실험에 의한 공진 주파수의 이동과 유사한 결과를 얻었다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 마이크로 스트립 안테나의 공진 주파수를 실시간으로 이동시키기 위하여 압전특성을 가지는 X-cut Quartz 기판을 이용하여 마이크로스트립 패치 안테나를 제작한 후 DC 전계를 인가함으로써 공진주파수의 이동을 확인하였다. 기판의 strain값을 계산하여 시뮬레이션 한 결과 실험치와 유사한 결과를 얻은 것은 X-cut Quartz 마이크로스트립 안테나 상부 패치가 기판의 압전 특성에 의하여 변형됨으로써 공진 주파수가 이동하는 것을 볼 수 있다.

위의 결과는 이동통신/위성통신 시스템에 사용되는 안테나에 적용하여 외부 DC 전계인가로 인해 공진 주파수의 범위를 증가 시킬 수 있는 유용한 방법이라 사료된다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부 전력산업연구개발 (R-2005-7-147) 의 지원으로 수행되었음.

#### 참고 문헌

- [1] J.H. Lu, K.L.Wong, "Slot-loaded, meandered rectangular microstrip antenna with compact dual frequency operation", ELECTRONICS LETTERS, Vol. 34, No. 12, p. 1048, 1998.
- [2] D. Guha. J. Y. Siddiqui."Resonant Frequency of Equilateral Triangular Microstrip Antenna With and Without Air Gap",IEEE, Vol. 52, No. 18, p. 2174, 2004.
- [3] 정동철, "위성통신용 광대역 고온초전도 배열 안테나에 관한 연구 ", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 17, No. 7, p. 770, 2001.