

# 마이크로스트립 라인 전압제어 가변 대역통과필터

채동규\* · Mai linh\* · 윤기완\* · 박재영\*\* · 고영준\*\*

\*한국정보통신대학교 · \*\*LG 종합 기술원

## Microstrip line tunable phase shifter

Dong-kyu Choi\* · Mai linh\* · Gi-wan Yoon\* · Jae-young Park\*\* · Young-jun Ko\*\*

\*Information & Communications University · \*\*LG Electronics Institute of Technology

E-mail : khshh@weppy.co.kr

### 요 약

본 논문에서는 마이크로스트립 라인 전압제어 가변 대역통과필터를 제안한다. 박막 강유전체의 상대 유전율은 인가 전압에 따라 변하는 특성을 이용하였고, Au/BSTO/MgO/Au 구조로 설계하였다. 커플링 수가 3개인 공진기를 연결하여 공진기 사이의 간격을 잘 조절한 결과, 중심 주파수 16 GHz에서 1.9GHz의 튜닝 범위, 800MHz 내의 좁은 대역폭, 3dB 이내의 작은 삽입손실을 갖는 필터를 설계할 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, we report on a microstrip line voltage controlled tunable bandpass filter. We used the characteristic the relative dielectric constant of thin film ferroelectrics depends on the applied dc voltage. we designed using Au/BSTO/MgO/Au structure. We cascaded many resonators for large tuning range sustaining 1 GHz center frequency, narrow band, low IL (<4 dB). We could design the BPF of which center frequency is 16 GHz, 1.9 GHz tuning range, the narrow bandwidth within 800 MHz, low insertion loss less than 3 dB by adjusting the gap of 3 cascaded resonators.

### 키워드

공진기, 대역통과필터, 대역폭, 튜닝

## 1. 서 론

최근 박막증착기술의 발전 및 최적화로 인해 LaAlO<sub>3</sub>와 MgO 같은 고품질의 강유전성 박막을 성장시키는 것이 가능해졌다. 지금까지는 강유전체 막의 높은 손실  $\tan\delta$  때문에 cellular와 PCS 주파수 대역에서의 CFD(Conductor/Ferroelectric /Dielectric) 구조를 사용하는 것이 보편화 되지 않았다. 그러나 사용 주파수가 Ku-band 이상의 고주파에서는 적절한 회로 구조와 바이어싱 구조만 있으면 회로 성능에 대한  $\tan\delta$ 의 영향을 크게 줄일 수 있다. 오랫동안 연구의 주제가 되어 온 전기적으로 튜닝 가능한 고주파 부품들은 이러한 CFD 구조를 응용함으로써 많은 이점들을 얻을 수 있다. 강유전성 박막은 이러한 응용을 가능하게 해준다. 튜닝 가능한 강유전체의 재료로는 STO를 주로 사용하는데 그 이유는 STO가 보다 튜닝 가능하고 쉽게 성장시킬 수 있지만, 100 K 이하의 저온에서 사용된다는 한계가 있다

[1]. 저온에서 사용되려면 YBCO와 같은 초전도체 기술이 뒷받침 되어야 하지만, 초전도체 기술은 아직까지 미흡하다[2]. 실온에서 사용할 수 있도록 하기 위한 많은 연구 결과, BSTO를 개발하였는데, BSTO는 금과 같은 보통의 금속 도체와 함께 사용할 수 있는 장점이 있다. 본 연구는 Ku 밴드인 중심 주파수 16 GHz에서 가변하는 필터를 강유전체 박막 구조를 이용한 마이크로 스트립 라인으로 설계하였다.

## II. 필터 이론

최근 이동 전화 가입자 수가 늘어남에 따라 제한된 주파수 범위에서 주파수 선택도를 높이기 위하여 원하는 주파수만 손실 없이 걸러내는 필터링 기술의 개선이 시급하다.

그림 1에서 유전체의 상대 유전율은 전압이 0 V 일 때 최대이고, 전압을 증가시킬수록 상대 유전율은 점점 감소하는 특성이 있다[3][4][5].

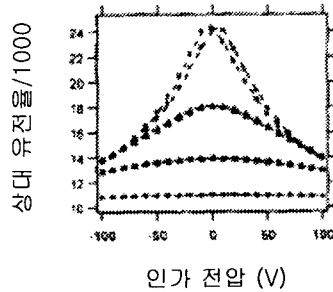


그림 1. 인가전압에 따른 상대 유전율의 변화

식 (1)에서 상대 유전율이 감소하면 커패시턴스가 감소하고, 식 (2)에서 커패시턴스가 감소하면 중심 주파수가 커진다[6][7].

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d} \quad (1)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Tunable 필터는 아래 그림 2에서 알 수 있듯이 상대 유전율이 증가 할 수록 이에 반비례해서 중심 주파수가 왼쪽으로 이동한다.

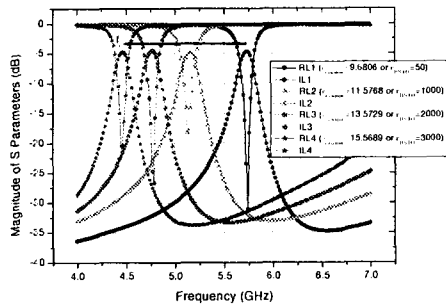


그림 2. 인가 전압에 따른 중심 주파수 이동

위상 천이기, 공진기, 필터와 같은 고주파 회로의 손실은 크게 방사 손실, 기판에 의한 유전체 손실, 임피던스 부정합에 의한 저항 손실로 구분할 수 있다.

본 논문에서 제시한 위상 천이기의 단면은 아래 그림 3과 같고, MgO의 두께를 500um, BSTO의 두께를 0.5um, 마이크로 스트립 라인의 두께는 1um로 필터를 구성하였다.

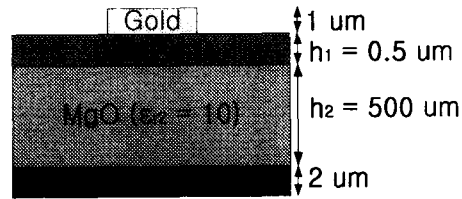


그림 3.필터의 단면도

MgO와 BSTO를 비교했을 때, MgO의 두께는 BSTO에 비해 1000 배로 매우 크기 때문에, 높은 전압을 인가해도 기판의 유전율은 MgO의 유전율인 10 근처에 있을 것이다. MgO와 BSTO를 합쳐서 어떤 하나의 유전체를 만들어 내려면, 식 (3), (4)를 이용한다.

$$\epsilon_{rcom} = \frac{h_1 \epsilon_{r1} + ah_2 \epsilon_{r2}}{h_1 + ah_2} \quad (3)$$

$$h_{com} = h_1 + h_2 \quad (4)$$

$a=1$ 로 두고,  $\epsilon_{r1}$ 이 10~3000까지 변화면,  $\epsilon_{rcom}$ 은 10~13까지 변한다. 그림 4는 BSTO와 MgO를 하나의 유전체로 합쳤을 때의 그림이다.

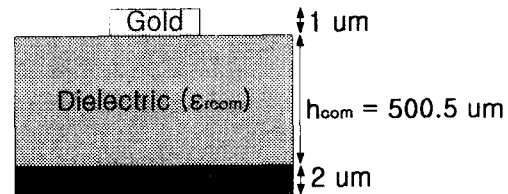


그림 4. BSTO와 MgO를 하나의 유전체로 합쳤을 때

### III. 모델

2 pole 필터를 구현하기 위해 커플링 수가 3개인 구조를 제안한다. 설계한 2 pole 필터의 top-view를 그림 5에 나타내었다. 전체 크기는 7.0 × 6.0mm<sup>2</sup>이다.

모델을 시뮬레이션 한 결과를 그림 6에 도시 하였다. 그림에서 common dielectric은  $\epsilon_{rcom}$ 과 같은 뜻이다.  $\epsilon_{rcom}$ 이 10일 때 중심 주파수는 16GHz, 대역폭 710MHz, 삽입 손실 2.5dB, 반사 손실 30dB 이다. 한편  $\epsilon_{rcom}$ 이 13일 때 중심 주파수는 14.1 GHz, 대역폭 610MHz, 삽입 손실 2.1dB, 반사 손실 37dB 이다. 즉 손실의 큰 변화없이 중심 주파수가 1.9GHz 만큼 낮아졌고, 대역폭은 100 MHz 만큼 좁아졌다.

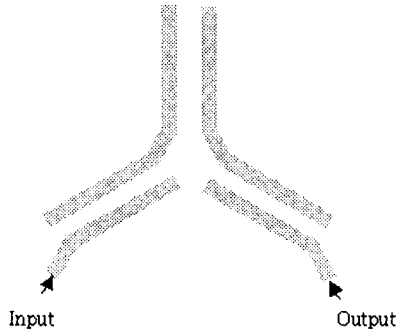


그림 5. 모델의 top view

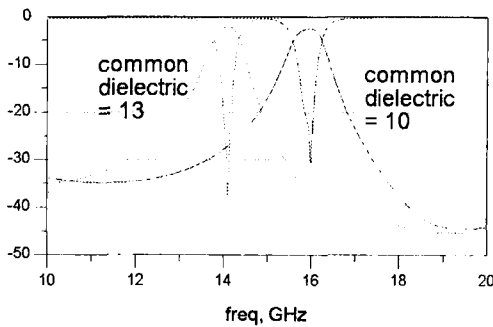


그림 6. 모델의 삽입 손실, 반사 손실

bandpass filter using a nonlinear dielectric thin film of SrTiO<sub>3</sub>", Appl. Phys. Lett. 68 (12), 18 March 1996

[2] H. Fuke, Y. Terashima, "Tuning Properties of 2 GHz superconducting microstrip-line filters", IEEE Trans, vol 11, No 1, MARCH 2001

[3] J. S. Hong, "Microstrip filters for RF/Microwave applications", John Wiley & Sons

[4] I. Wooldridge, C. W. Turner, "Electrical tuning of passive HTS microwave devices using single crystal strontium titanate", IEEE trans, vol 9, No 2, JUNE 1999

[5] A. T. Findikoglu, "Superconductor/Nonlinear dielectric bilayers for tunable and adaptive microwave devices", IEEE Trans, vol 7, No 2, JUNE 1997

[6] L. Bretchko, "RF Circuit Design", Prentice Hall

[7] G. Matthaei, "Microwave filters impedance-matching networks, and coupling structures", Artech House

※ 본 연구는 LG 종합기술원의 지원에 의한 것임.

#### IV. 결론

본 논문에서 마이크로 스트립 라인과 강유전체의 상대유전율이 전압에 따라 변하는 특성을 이용하여 Ku 밴드에서 사용할 수 있는 가변 필터를 설계하였다. 시뮬레이션은 Hewlett Packard 사의 ADS를 이용하였다. 본문에서 제시한 모델 결과를 표 1에 정리하였다.

표 1.  $\epsilon_{com} = 10$ 일 때와 13일 때의 비교

	RL	IL	$f_c$
$\epsilon_{com}=10$	$\leq 30dB$	$\leq 2.5dB$	16GHz
$\epsilon_{com}=13$	$\leq 37dB$	$\leq 2.1dB$	14.1GHz

표 1에서 중심 주파수 편이량은 1.9GHz, 즉 tunability가 11.8%에 달한다.

#### 참고문헌

[1] A. T. Findikoglu, "Tunable and adaptive