

## BCB를 이용한 High & Low $Z_0$ 전송선로 제작에 대한 연구

한효중, 이성대, 전영훈, 윤관기, 김삼동, 황인석, 이진구, \*류기현  
동국대학교 밀리미터파 신기술 연구 센터, \*LG 전자기술원  
전화 : (02) 2260-3335 / 팩스 : (02) 2277-4796

### Studies on the fabrication of transmission line with high and low $Z_0$ using BCB layer

H. J. Han, S. D. Lee, Y. H. Chun, K. K. Youn S. D. Kim, I. S. Hwang, J. K. Rhee  
and \*K. H. Ryu  
Millimeterwave INnovation Technology research center, Dongguk Univ. \*LG Elite  
E-mail : jkrhee@dongguk.edu

#### Abstract

In this paper, transmission lines with low and high characteristic impedance ( $Z_0$ ) are fabricated and analyzed. The transmission lines are fabricated on the benzo-cyclo-butene (BCB) films of a low dielectric constant. For the low  $Z_0$ , two types of coplanar waveguide (CPW) structures are fabricated, which include bottom-ground and double-ground type. Measurement shows that  $Z_0$  values for each CPW type are 7.3 and 9.4  $\Omega$ , respectively, at a signal line width of 100  $\mu\text{m}$ . When the ratio between the spacing of bottom-ground and the signal line width becomes greater than 2.5, the  $Z_0$  is nearly saturated. In addition, thin film microstrip lines fabricated using the BCB insertion layers show very low  $Z_0$  of 25.5  $\Omega$ , and this impedance is  $\sim 64\%$  of the values obtained from the BCB-based CPW structures of the same line width. Measurement result of CPW on BCB layer is 100.5  $\Omega$ .

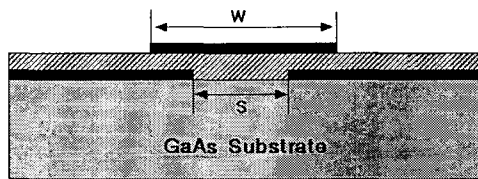
#### I. 서 론

MIMIC 설계 및 제작 기술이 발전함에 따라 회로 설계 및 정합을 위해 다양한 형태의 전송선로들이 요구되고 있다. 특히 밀리미터파 대역의 경우 마이크로 스트립 및 CPW(coplanar waveguide) 등이 많이 사용되고 있다. 일반적으로 고출력 소자의 경우 매우 낮은 임피던스 특성을 가지고 있기 때문에 정합회로를 설계하기 위해서는 낮은 특성 임피던스를 갖는 전송선로가 필요하게 된다. 그러나 마이크로 스트립의 경우 낮은 특성 임피던스를 구현하기 위해 매우 넓은 폭의 전송선로를 구현해야 하며, CPW의 경우에도 전송선로와 Ground 사이의 매우 좁은 선 폭을 구현해야 하기 때문에 낮은 전송선로 구현하는 데 한계가 있다.

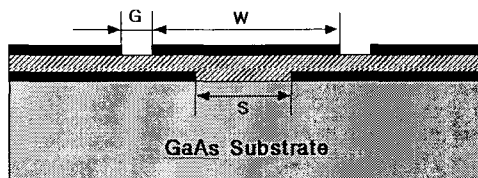
최근에 이러한 점은 극복하기 위하여 MEMS 공정 및 Multi-layer를 이용하여 낮은 특성 임피던스를 갖는 전송선로가 보고되고 있다[1-2]. 하지만 MEMS 공정의 경우 MIMIC의 적용이 어렵고 MIMIC의 적용하기 위해서는 다양한 형태의 전송선로에 대한 분석 및 연구가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 낮은 특성 임피던스를 갖는 전송선로를 설계 및 제작하고 그 특성을 분석하였다. 전송선로의 특성을 분석하기 위하여 3가지 구조의 전송라인을 설계하고 각각의 구조에 따라 여러 가지 패턴을 설계하고 그 특성을 분석하였다. 또한 높은 임피던스를 갖는 전송선로를 구현하였다.

## II. 전송 선로 설계 및 제작

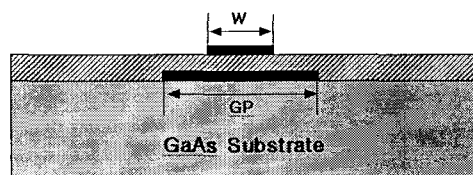
그림 1에 본 논문에서 설계된 낮은 특성 임피던스를 갖는 3가지 형태의 전송선로를 나타내었다. 그림 1(a)는 Ground Plane을 제작한 다음 3  $\mu\text{m}$ 의 BCB 박막을 코팅하고 그 위에 전송선로를 Ground와 접치도록 제작하여 전송선로의 capacitor 성분을 크게 하여 낮은 특성임피던스를 구현할 수 있도록 설계하였다. 그림 1(a)에서 전송선로는 100  $\mu\text{m}$  고정된 상태에서 2개의 Ground plane 사이의 거리(S)를 150, 100, 40, 20  $\mu\text{m}$ 로 다양하게 설계하여 그 특성을 분석할 수 있도록 하였다. 그림 1(b)는 (a)의 구조에서 전송선로와 같은 평면에 Ground를 함께 제작한 double ground의 형태로 전송선로는 100  $\mu\text{m}$ , 전송선로와 upper ground의 거리는 4  $\mu\text{m}$ 로 설계하였으며, 거리 (S)는 (a)와 마찬가지로 150, 100, 40, 20  $\mu\text{m}$ 로 설계하였다. 마지막으로 그림 1(c)는 BCB를 이용한 Thin Film Microstrip Line(TFML)의 형태로 전송선로는 34  $\mu\text{m}$ , ground plane(GP)는 55, 95, 135, 175  $\mu\text{m}$ 로 설계하였다.



(a) Bottom-ground



(b) Double ground



(c) Thin Film Microstrip Line (TFML)

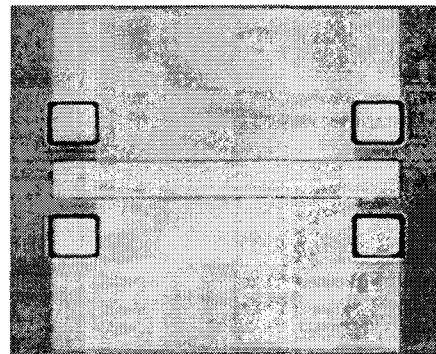
그림 1. 설계된 전송 선로

그림 2는 전송선로 제작 공정 순서 및 조건을 나타낸 것이고 그림 3은 제작된 전송선로의 표면 사진들

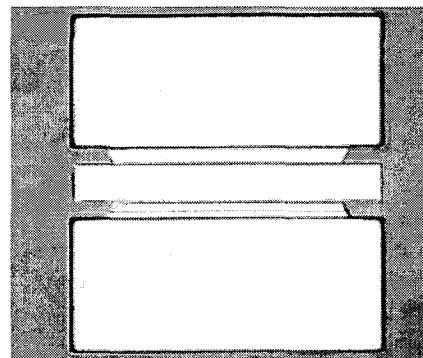
나타낸 것이다.

Process	Condition
Bottom metal	Ti/Au = 200 / 4000 Å
↓	
BCB coating	3000 rpm, 40 sec
↓	
BCB curing	200 °C, 10 min, vacuum
↓	
BCB RE	SF <sub>6</sub> /O <sub>2</sub> = 40 / 20 sccm, 300 W
↓	
1st metal	Ti / Au = 200 / 4000 Å
↓	
2nd metal and air-bridge	Ti / Au = 300 / 10000 Å

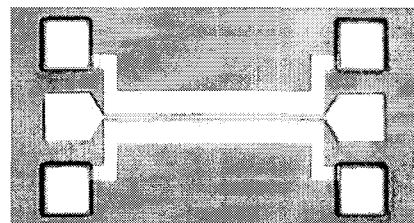
그림 2. 전송선로 제작 순서 및 공정 조건



(a) Bottom-ground



(b) Double ground

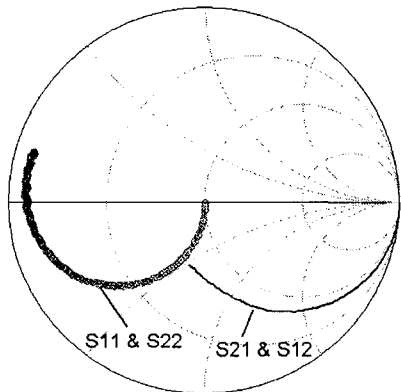


(c) Thin Film Microstrip Line (TFML)

그림 3. 제작된 전송선로의 표면 사진

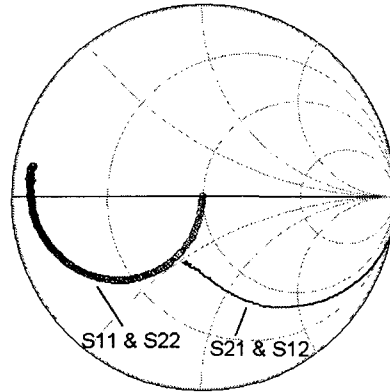
### III. 전송 선로 측정 및 분석

제작된 전송선로를 8510C vector network analyzer를 이용하여 50 MHz ~ 50 GHz의 주파수 영역에서 측정을 수행하였다. 측정결과 그림 2(a)의 bottom-ground 형태의 CPW 라인은 under ground 사이의 간격(S)이 150, 100, 40, 20  $\mu\text{m}$ 로 변화함에 따라 각각 43.2, 24.9, 7.9, 7.3  $\Omega$ 의 특성 임피던스의 결과를 얻어 매우 낮은 특성 임피던스 결과를 얻었다. 그림 2(b)의 double ground 형태의 CPW 라인은 150, 100, 40, 20  $\mu\text{m}$ 로 간격에 대해 34.6, 26.3, 10.8, 9.4  $\Omega$ 의 특성 임피던스를 얻었다. 그림 4와 표 1과 2에 Low CPW transmission의 측정결과를 나타내었다. 전송선로의 측정결과 10  $\Omega$  이하의 낮은 전송선로를 구현할 수 있었으며 전송선로의 폭(W)과 under ground plane의 간격(S)의 비율이 2.5까지는 특성 임피던스가 급격하게 감소하다가 2.5 이상에서는 포화되는 것으로 분석되었다. Double ground의 경우 under ground의 간격이 100  $\mu\text{m}$  이상인 경우에는 bottom-ground에 비해 낮은 특성 임피던스 특성을 나타내다가 100  $\mu\text{m}$  이하에서는 높은 특성을 나타내었다. 이는 100  $\mu\text{m}$  이상에서는 upper ground의 의한 capacitance 성분이 우세하지만 100  $\mu\text{m}$  이하에서는 under ground의 capacitance 성분이 우세하며, 오히려 upper ground plane에 inductance 성분으로 인하여 특성 임피던스가 높아지는 것으로 분석되었다. 그림 5에 under ground와 double ground의 W와 S의 비율에 따른 특성 임피던스의 변화에 대한 비교 결과를 나타내었다.



freq (50.00MHz to 50.00GHz)

(a) Bottom-ground



freq (50.00MHz to 50.00GHz)

(b) Double-ground

그림 4. 전송 선로 측정 결과(S-parameter)

표 1. Bottom ground CPW 측정 결과

S( $\mu\text{m}$ )	W/S ratio	$Z_0$ ( $\Omega$ )
150	0.7	43.2
100	1.0	24.9
40	2.5	7.9
20	5.0	7.3

표 2. Double ground CPW 측정 결과

S( $\mu\text{m}$ )	W/S ratio	$Z_0$ ( $\Omega$ )
150	0.7	34.6
100	1.0	26.3
40	2.5	10.8
20	5.0	9.4

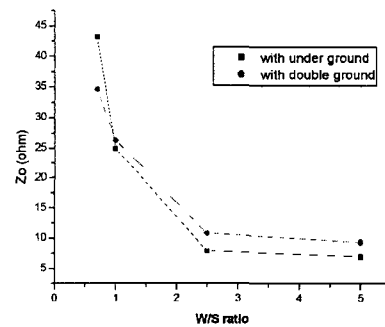


그림 5. W/S 비율에 따른  $Z_0$  변화

TFML의 측정결과 ground plane의 길이인 GP의 변화에 대해 큰 변화를 나타내지 않았으며 30  $\Omega$  이하의 낮은 특성 임피던스를 얻었다. 그림 6에 TFML과 같

은 폭을 갖는 CPW 라인의 특성 비교 결과와 표 3에 측정 결과를 나타내었으며, CPW 라인의 특성 임피던스인 71 Ω에 비하여 64 % 낮은 특성 임피던스를 나타내었다.

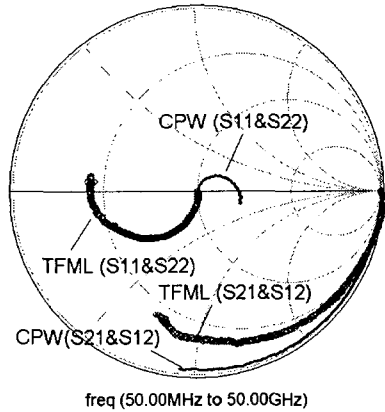


그림 6. TFML 측정 결과(S-parameter)

표 3. TFML 측정 결과

S(um)	W/GP ratio	Z <sub>0</sub> (Ω)
45	0.55	26.5
85	0.29	26.1
125	0.20	25.7
165	0.15	25.5

그림 7은 BCB 위에 제작된 CPW의 측정 결과로 100.5 Ω의 높은 특성 임피던스를 갖는 전송 선로를 제작할 수 있었다.

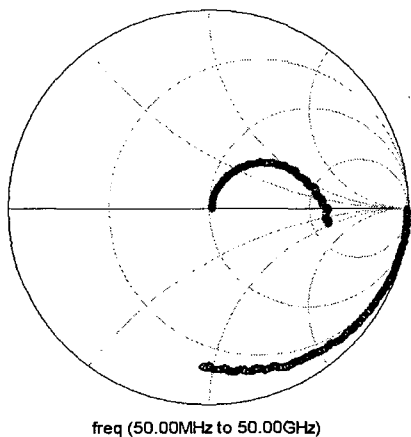


그림 7. High Z<sub>0</sub> CPW 측정 결과

### III. 결 론

본 논문에서는 BCB를 이용하여 매우 낮은 특성 임피던스를 갖는 전송선로를 제작하고 선로 형태에 따른 특성을 분석하였다. 전송선로의 특성을 분석하기 위해 여러 가지 형태의 under ground와 double ground 형태를 갖는 CPW 라인을 설계 및 제작하였다. 제작된 CPW 라인의 측정결과 각각 7.3 Ω과 9.4 Ω의 낮은 특성 임피던스를 구현하였으며, 라인 폭(S)과 under ground의 간격(W)의 비율이 2.5 이상이 되면 특성 임피던스 값이 더 이상 낮아지지 않고 포화되는 특성을 나타내었다. 또한 BCB 박막을 이용하여 Thin Film Microstrip(TFML)을 설계 및 제작하였다. 측정결과 25.5 Ω의 특성 임피던스 값을 얻었으며 같은 폭의 CPW 라인의 비해 64 % 낮은 특성 임피던스 특성을 나타내었다. 또한 100 Ω 이상의 높은 특성 임피던스를 갖는 전송선로를 구현할 수 있었다. 본 논문에서는 연구된 결과는 BCB를 이용하여 MIMIC에 적용 가능한 공정 및 10 Ω 이하의 낮은 특성 임피던스를 갖는 전송선로 및 100 Ω 이상의 높은 특성 임피던스를 갖는 전송선로를 구현하고 그 특성을 분석하여 다양한 형태의 MIMIC 회로 설계에 응용될 수 있을 것으로 사료된다.

### 참고문헌

- [1] Youngwoo Kwon, Hong-Teuk Kim, Jae-Hyong Park, and Youg-Kweon Kim, "Low-Loss Micromachined Inverted Overlay CPW Lines with Wide Impedance Range and Inherent Airbridge Connection Capability", *IEEE Microwave and wireless components letters*, vol. 11, no. 2, pp. 59-61, February 2001.
- [2] Matthew Gillick, and Ian D. Robertson, "Ultra Low Impedance CPW Transmission Lines for Multilayer MMIC's", 1993 IEEE MTT-S Digest, pp. 145-148.

※ 본 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터(MINT)를 통한 한국과학재단의 우수연구센터(ERC) 지원금에 의하여 수행되었습니다.