

## PIN DIODE를 이용한 360° 위상변환기의 제작에 관한 연구

○허준원\*, 장익수\*, 정용제\*\*, 윤상원\*

\* 서강대학교 전자공학과, \*\* 삼성전자

### A Study on Fabrication of 360° Phase Shifter by the use of Pin Diode

\*J.W.Huh\*, I.S.Chang\*, Y.C.Jung\*\*, S.W.Yun\*

\* Dept. of Electronic Eng. Sogang Univ., \*\* Samsung Electronics

#### 1. abstract

A phase shifter is a two-port network with the provision that the phase difference between the output and the input signals may be controlled by a control voltage(dc bias).

Commonly, the variation of insertion loss, group delay generate problems on microwave system. It had been reported that the phase shifter have the characteristics of the flatness, insertion loss, group delay varied on phase shifting. The topic of this paper is the fabrication 360° phase shifter having small variation of flatness, insertion loss, group delay.

This paper is improved the disadvantage of the reported paper using the characteristic impedance of pin diode.

#### 2. 서론

마이크로 웨이브 시스템에 일반적으로 사용되는 각 회로에는 위상을 제어하기 위한 위상변환기가 필요하다. 위상변환기의 성능은 대역폭내에서 원하는 만큼의 위상변화를 시켜주어야 하며, 삽입손실과 group delay의 변화를 얼마나 작게 하는냐에 달려 있다. 기존에 발표된 위상변환기는 360° 위상변화중 삽입손실이 많이 변하는 구간과 group delay변화폭이 큰 특성을 가지고 있었다. 본 논문은 위의

#### ⊙ hybrid-coupled reflection type

반사계수가  $\Gamma_1 = |\Gamma| \angle \Phi_1$  에서  $\Gamma_2 = |\Gamma| \angle \Phi_2$ 로 바뀔때, 반사된 신호는  $\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_2$  만큼의 위상변화를 보인다.

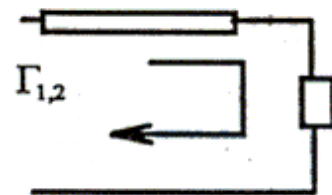


Fig 1

#### ⊙ transmission type

jb때문에 부과파는  $\Delta\Phi$  만큼의 위상변화를 가진다.

$$\Gamma = \frac{1 - (1 + jb)}{1 + (1 + jb)} = \frac{-jb}{2 + jb}, \quad T = 1 + \Gamma = \frac{2}{2 + jb}$$

$$V_T = TV_I = V_I \frac{2}{2 + jb} = V_I \sqrt{\frac{4}{4 + b^2}} \exp(-j \tan^{-1}(\frac{b}{2}))$$

위상차는  $\Delta\Phi = \tan^{-1}(\frac{b}{2})$ 가 된다.

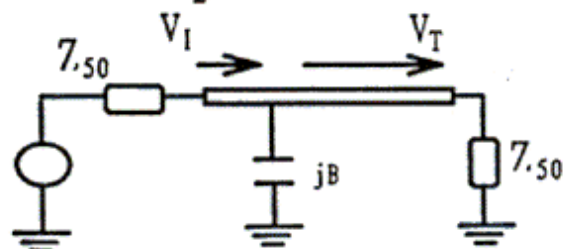


Fig 2

단점을 개선시키기 위해 pin diode를 이용한 360° 위상변환기를 제작하였다.

### 3. 이 론

ㄱ. 기존에 발표된 위상변환기 이론.

마이크로파 주파수 대역에서 위상변환기를 설계는 크게 hybrid-coupled reflection type과 transmission type으로 나뉜다.

ㄴ. pin diode를 이용한 위상변환기 이론.

본 논문에서 제시한 위상변환기는 hybrid-coupled reflection type이며, 그 구성도는 Fig 3에 있다. pin diode의 I/R, 곡선은 반비례 관계를 지니므로, 외부에서 인가되는 전류량에 따라 pin diode의 특성 임피던스를 조절할 수 있다. Fig1의 #1, #2에 외부 전압을 인가 또는 인가하지 않음에 따라 4가지 경우가 생기는데, 각 port에서의 신호를 표1에 정리하였다.

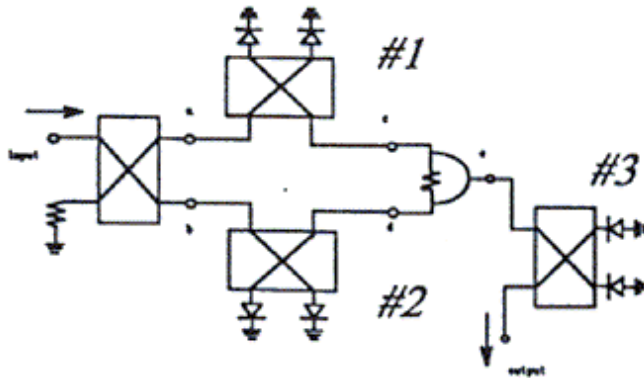


Fig 3

input	$1 \angle 0^\circ$
a	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle -90^\circ$
b	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ$

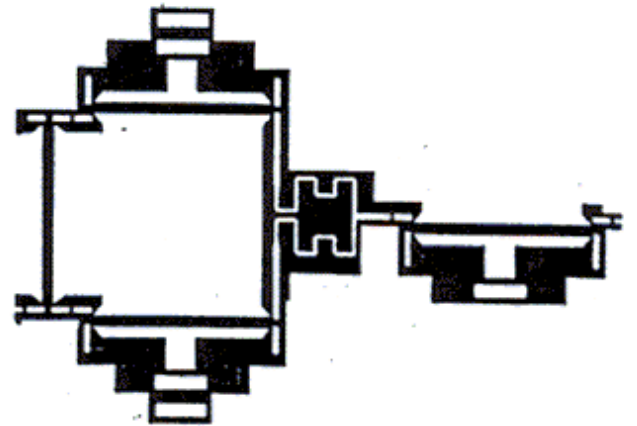


Fig 4

ㄴ. 측정 (외부전압 0-14Volts, 2Volts 간격으로 plot)

계측장비 : HP8720C

○ Fig3 중 #3 위상변환기만의 특성

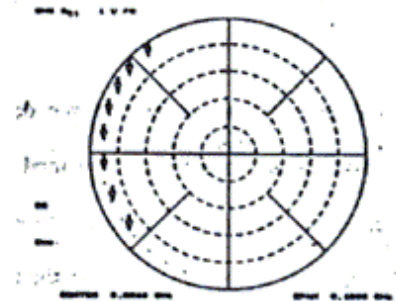
	case1	case2	case3	case4
c	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle 0^\circ$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle 180^\circ$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle 180^\circ$
d	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle 90^\circ$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle -90^\circ$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle 90^\circ$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \angle -90^\circ$
e (vector diagram)				

표 1

case1 : #1 short, #2 short      case2 : #1 short, #2 open

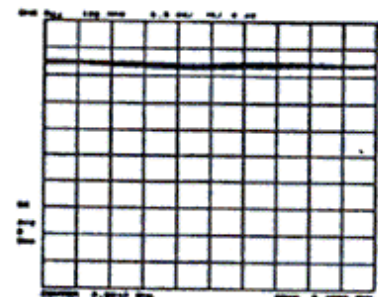
case3 : #1 open, #2 short      case4 : #1 open, #2 open

#3의 위상변환기가 90°만큼 변할 수 있다면 사분면 이동을 통해 360° 변하는 위상변환기를 만들 수 있다.



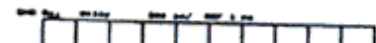
위상변화

Fig 5-1



삽입손실

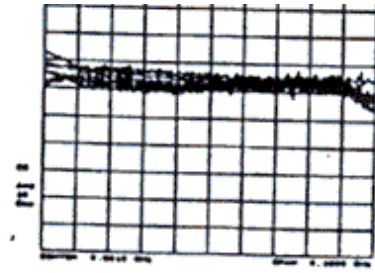
Fig 5-2



4. 제작 및 측정

7. 제작

기판은  $\epsilon_r = 4.3$ ,  $h = 0.8\text{mm}$  epoxy를 사용하였고, 3dB 방향성 결합기는 sage line을 이용하였다. pin diode는 micro-semi사의 UM9401을, varacter diode는 sony사의 IT36S를 이용하였다. Fig4 는 제작된 회로의 film이다.



delay

Fig 5-3

# PIN Diode를 이용한 360° 위상변환기의 제작에 관한 연구

① pin diode 외부전압 조절에 의한 출력단의 삽입손실 측정

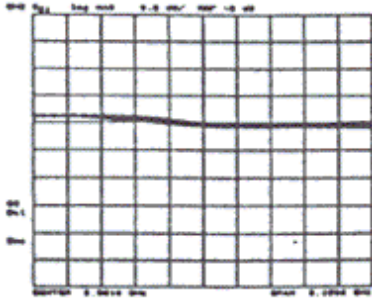


Fig 6

② pin diode 외부전압 조합에 의한 group delay 측정

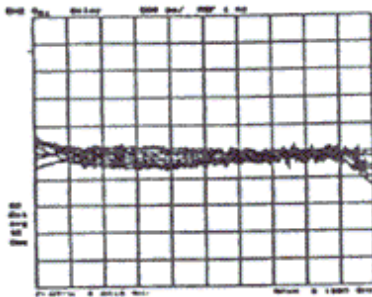


Fig 7

③ pin diode 외부전압 조합에 의한 phase 변화 측정

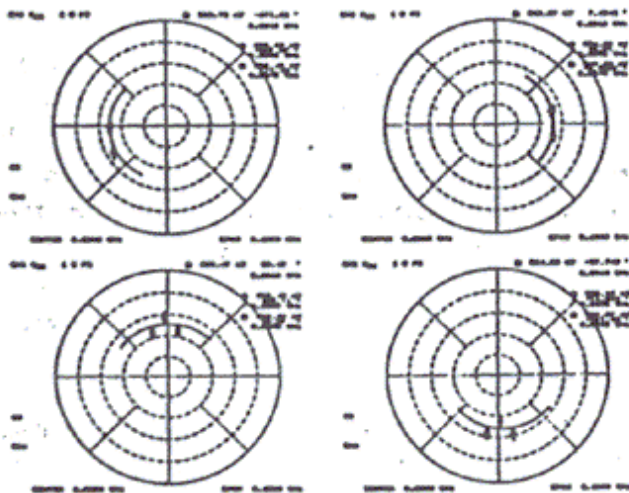
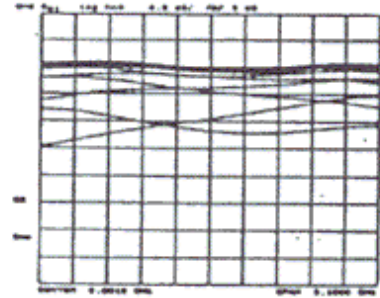


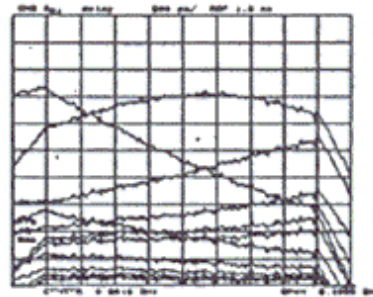
Fig 8

5. 기존에 발표된 hybrid - coupled reflection type 360° 위상 변환기의 특성 (0 ~ 20 Volts, 2Volts 간격으로 plot) [2]



삽입손실

Fig 9-2



delay

Fig 9-3

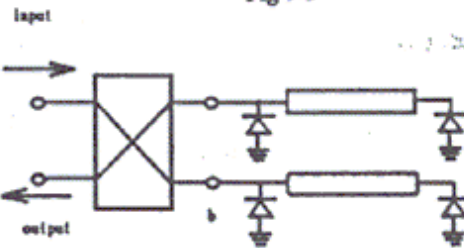


Fig 10

## 6. 결론 및 개선사항

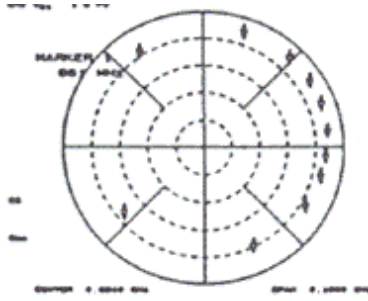
### 7. 결론

Fig 10 구조의 위상변환기를 비교하면 다음과 같다.

#### ① 삽입손실

Fig 9-2는 대역폭(TX band, 869 ~ 894 MHz)내에서 외부전압에 따라 2dB 변화를 보이는 반면 Fig 6은 0.5dB 미만의 변화를 가진다.

#### ② group delay



위상변화

Fig 9-1

Fig 9-3는 3.5 ns 의 변화를 가지며, 위상이 많이 변하는 (10 - 14 Volts) 구간에서는 기울기가 진다. Fig 7은 500ps 미만의 변화폭과 기울기가 지지 않는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 개선 사항

본 논문에서 제시한 pin diode를 이용한 360° 위상변환기는 구조적으로 3dB 손실을 가지고 있다. (Fig 3의 c,d 신호가 전력합성기를 통과시 벡터합성을 하므로) 만약 #3의 위상변환기가 180°를 변화할 수 있다면 3dB 손실이 없어지게 되고 전체회로의 크기를 줄일 수 있

게 된다.

7. reference

[1] Inder Bahl, Microwave Solid State Circuit Design, Wiley, 1988, pp 626-640.

[2] 이원우, Feedforward 방식을 이용한 Predistorter에 관한 연구, 석사 학위 논문, 서강대학교, 1992, pp 38-43.

[3] Kai Chang, Handbook of Microwave and Optical components, Vol2, John Wiley and Sons, 1990, pp230-262.

[4] Shiban Koul, Barathi, Microwave and Milimeterwave Phase shifters, Vol2, Artech House, 1991, pp 389-405.

[4] Inder Bahl, Microwave Solid State Circuit Design, Wiley, 1988, pp 626-640.