DBpia
논문 99-24-3B-16

Conformal Mapping 방법을 이용한 도체접지를 가진 동일평면 도파관 결합선로의 해석

정회원 이 재 웅*, 유 태 훈**, 홍 익 표*, 박 한 규*

Analysis of Conductor Backed Coplanar Waveguide Coupled Lines Using the Conformal Mapping Method

Jae-Woong Lee*, Tae-Hoon Yoo**, Ic-pyo Hong*, Han-Kyu Park* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 준정적해석 방법인 Conformal Mapping 방법을 이용하여 도체접지를 가진 동일평면 결합선로(Conductor Backed CoPlanar Waveguide Coupled Line : CBCPW)의 전자계패턴, 유효 유전율, 특성 임피던스과 같은 전자기적 특성을 해석하였다. 본 논문의 결과는 CBCPW 결합선로의 특성에 대하여 기존의 전파(Full-wave) 해석방법에 비해 빠르고 간단하게 해석함으로써 여파기 또는 방향성 결합기와 같은 마이크로파 수동소자의 설계에 필요한 결합선로의 특성 파라미터를 쉽게 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

In this paper, electromagnetic characteristics of the conductor backed coplanar waveguide coupled line, such as electromagnetic field patterns, effective dielectric constants, characteristic impedances, were analyzed using the conformal mapping method which has been one of the quasi-static electromagnetic analysis method and be known to more fast and simple approach than the full-wave analysis method. The results of this paper can be applied to the design of microwave passive circuits using coupled line, such as coupler, filter, and the more useful design parameters can be easily obtained by conformal mapping method in this paper.

I. 서 론

최근 수년동안 무선통신의 급속한 발전에 따라 더욱 가볍고 집적도가 높은 회로가 요구되고 있으며, 이중 마이크로파 및 밀리미터파 집적회로의 소자를 구성하는 평면전송선로로서 마이크로스트립(Microstrip) 선로, 슬롯(Slot) 선로, 동일평면 도파관(Coplanar Waveguide : CPW) 선로 등 다양한 구조를 가진 선로들이 제안되어 왔다[1]. 이중 최근에 널리 사용되고 있는 CPW 구조를 이용한 결합선로는 여파기, 결합기 등 마이크로파용 소자의 제작에 널리 이용되고 있다. 일반적인 CPW 선로의 단점을 해결하기 위하여 여러 가지 방법이 사용되고 있는데, 이중 유전체 밑면에 도체를 결합시킨 CPW 구조(Conductor Backed CPW : CBCPW)는 기계적 강도, 적은 전력 손실, 마이크로스트립 등 여타 전송선로와의 용이한 연결, 적은 분산(dispersion) 특성, 높은 유효 유전율 등 여러 가지 장점을 가지고 있다[2]-[4]. 평면전송선로를 해석하는 방법으로는 전파(Full-wave)해석 방법인 시간영역 유한차분법(Time-domain finite-difference : TDFD)[5], 주파수영역 해석법(Spectral domain technique)[2][6], variational conformal mapping [7],[8]과 준정적 해석방법(quasi-static analysis)인 relaxation method[9], con- formal mapping 방법[3],[4],[10]-[16] 등이 있다. CBCPW 구조의 경우에는 특

* 연세대학교 전파공학과(jwlee@lgic.co.kr) ** 동양공업전문대학 전자통신과
논문번호 : 98194-0428, 접수일자 : 1998년 4월 28일

www.dbpia.co.kr

히 분산 특성이 좋아서 20 GHz 이내의 주파수 대역에서는 유효 유전율이 1% 이내의 작은 오차를 보이므로 준정적 해석방법을 이용해도 좋은 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있다[2],[6]. 1993년 M. Gillick에 의해 CPW 구조의 전자계 패턴이 분석되었고[15], 1996년 CPW 결합선로의 특성 파라미터가 K. K. M. Cheng에 의해 해석되었다[16]. 그러나, 이들은 각각 제시한 수식에 있어서의 오류나 너무 복잡한 이론 전개로 인하여 계산이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 일반 CPW 구조가 아닌 CBCPW 구조에 대하여 오류가 없는 수식과 쉽게 해석할 수 있는 간단한 구조를 제안하여 CBCPW 결합선로의 전자계 패턴과 특성 임피던스, 유효 유전율, 결합도를 준정적 해석 방법인 conformal mapping 방법을 이용하여 해석하였다.

Ⅱ. Conformal Mapping 방법

그림 1과 그림 2에서 접지면은 단면 방향으로 균일하고 무한하며, 각 스트립과 접지면은 두께가 0인 완전 도체로 가정한다. 또한 점선은 Neumann 경계조건에 의해 결정되는 완전자계벽이다. CBCPW 결합선로의 우모드를 해석하기 위해서 유전율 εr인 유전체로 된 substrate 영역과 유전율 ε0의 공기로 된 영역을 그림 1과 그림 2로 나누었는데, 좌우가 대칭적인 형태이므로 전체 구조를 그림 1,2 (a)와 같이 나누어서 생각할 수 있다. 단위 길이당 커패시턴스를 구하기 위해 conformal mapping 방법을 사용하여 그림 1,2 (a)에서 그림 1,2 (b), 그림 1,2 (c)와

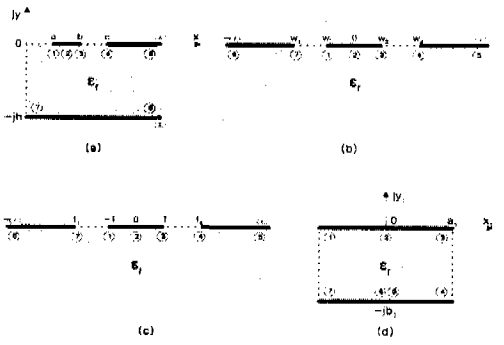


그림 1. 우모드 Conformal mapping of CBCPW 결합 선로의 유전체 영역

(a) z 평면 (b) w 평면 (c) t 평면 (d) Z1 평면

그림 1,2 (d)로의 변환 함수를 구하고, 전자계 패턴을 구하기 위해 그림 1,2 (d)에서 그림 1,2 (a)로의 역변환 함수를 구하였다. 기모드의 경우는 전체 구조의 가운데에 있는 완전 자계벽을 완전 전계벽으로 바꾸고 같은 방법으로 해석할 수 있다.

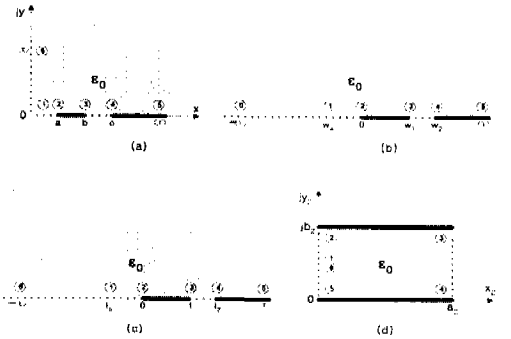


그림 2. 우모드 Conformal mapping of CBCPW 결합 선로의 공기 영역

(a) z 평면 (b) w 평면 (c) t 평면 (d) Z2 평면

A. Even mode conformal mapping of inner substrate

그림 1(a)에서 그림 1(c)로의 conformal 변환 함수는 Schwartz-Christoffel 변환을 사용하여 다음과 같이 구할 수 있다[13].

$$w = \sinh^2\left(\frac{\pi z}{2h}\right) - \frac{1}{2}\left[\sinh^2\left(\frac{\pi a}{2h}\right) + \sinh^2\left(\frac{\pi b}{2h}\right)\right]$$

$$t = \frac{w + p_1 w_3^2}{w_3(1 + p_1 w)}$$

$$p_1 = -\frac{w_3^2 + w_1 w_4 + \sqrt{(w_3 - w_1)(w_3 + w_1)(w_3 - w_4)(w_3 + w_4)}}{w_3^2(w_1 + w_4)} \quad (1)$$

그림 1(c)에서 그림 1(d)로의 두번째 conformal 변환 함수는 역시 Schwartz- Christoffel 변환을 사용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$z_1 = x_1 + iy_1 = F(\phi_1, k_1) \quad (2)$$

여기서 F(ϕ1,k1)은 제1종 불완전 타원적분 (incomplete elliptic integral of the first kind)이고, 임의의 상수인 A1을 적절히 선택하면 Z1 평면에서 가로세로의 비는 다음과 같다.

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{K(k_1')}{K(k_1)}, \quad k_1 = \frac{w_3(1 + p_1 w_4)}{w_4 + p_1 w_3^2}, \quad k_1' = \sqrt{1 - k_1^2} \quad (3)$$

www.dbpia.co.kr

K(k1)는 제1종 완전타원적분(complete elliptic integral of the first kind)이다.

Conformal 역변환 함수를 구하기 위해서 식 2의 F(φ1,k1)에서 복소변수 φ1을

$$\phi_1 = \theta_1 + i\phi_1 \tag{4}$$

과 같이 두면, 식 (2)는 다음과 같이 정리된다[17].

$$z_1 = F(\theta_1+i\phi_1, k_1) = F(\beta_1, k_1) + iF(\alpha_1, k_1') = x_1 + iy_1 \tag{5}$$

여기서 실변수 θ1, Ψ1과 실변수 α1, β1의 관계식은 다음과 같이 주어진다.

$$\sin\theta_1\cosh\phi_1 = \frac{\sin\beta_1\sqrt{1-k_1'^2\sin^2\alpha_1}}{\cos^2\alpha_1 + k_1^2\sin^2\beta_1\sin^2\alpha_1}$$
$$\cos\theta_1\sinh\phi_1 = \frac{\cos\alpha_1\cos\beta_1\sin\alpha_1\sqrt{1-k_1^2\sin^2\beta_1}}{\cos^2\alpha_1 + k_1^2\sin^2\beta_1\sin^2\alpha_1} \tag{6}$$

식 (2)와 불완전 타원함수의 특성으로부터

$$\sin\phi_1 = \frac{w + p_1 w_3^2}{w_3(1+p_1 w)} = \sin\theta_1\cosh\phi_1 + i\cos\theta_1\sinh\phi_1 \tag{7}$$

과 같은 식을 얻을 수 있고, 이를 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\sinh\left(\frac{\pi z}{2h}\right) = \sqrt{\frac{w_3(t-p_1 w_3)}{1-p_1 w_3 t}} = A + iB \tag{8}$$

그림 1(a)에서 x와 y에 대하여 윗 식을 정리하면 다음과 같다. (x>0, y<0)

$$x = \frac{2h}{\pi}\ln\left[\sqrt{\frac{A^2+B^2-1+\sqrt{(A^2+B^2-1)^2+4B^2}}{2}} + \sqrt{\frac{A^2+B^2+1+\sqrt{(A^2+B^2-1)^2+4B^2}}{2}}\right] \tag{9}$$

$$y = -\frac{2h}{\pi}\sin^{-1}\sqrt{\frac{A^2+B^2+1-\sqrt{(A^2+B^2-1)^2-4B^2}}{2}} \tag{10}$$

B. Even mode conformal mapping of upper air region

그림 2(a)에서 그림 2(b), 그림 2(c)와 그림 2(d)로의 conformal 변환 함수도 같은 방법으로 식 (11), 식 (12)와 같이 구할 수 있으며, 그 결과 역시 제1종 완전타원적분의 식으로 나타난다[10].

$$w = z^2 - a^2$$
$$t = \sqrt{\frac{w}{b^2-a^2}} \tag{11}$$

$$\frac{a_2}{b_2} = \frac{K(k_2')}{K(k_2)}, \quad k_2 = \sqrt{\frac{b^2-a^2}{c^2-a^2}} \quad k_2' = \sqrt{1-k_2^2} \tag{12}$$

C. Odd mode conformal mapping

기모드의 경우는 위에서 설명한 바와 같이 전체 구조의 가운데에 있는 완전 자계벽을 완전 전계벽으로 바꾸고 A, B에서와 같은 방법으로 해석할 수 있다.

D. 특성 파라미터

Conformal mapping을 사용하여 CBCPW 결합선로를 기모드와 우모드 각각에 대하여 평행판 선로로 변환할 수 있다. 평행판 선로의 경우에는 단위 길이당 커패시턴스, 유효 유전율, 위상 속도, 특성 임피던스에 대하여 다음과 같은 식들이 성립한다.

$$C = \frac{\varepsilon \cdot S}{d} \tag{13}$$

$$\varepsilon_{re} = \frac{C}{C^a} \tag{14}$$

$$v_{ph} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} \tag{15}$$

$$Z_0 = \frac{1}{C\cdot v_{ph}} = \frac{1}{c\sqrt{\varepsilon_{re}}\,C^a} \tag{16}$$

$$C\ [dB] = 20\log\left(\frac{Z_{0e}-Z_{0o}}{Z_{0e}+Z_{0o}}\right) \tag{17}$$

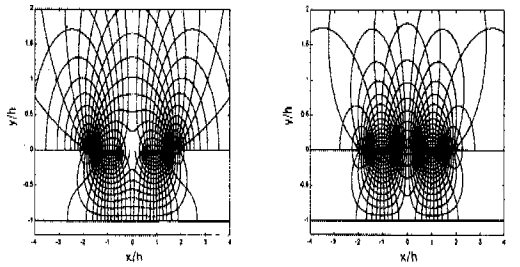
여기서 S는 도체판의 단면적, d는 도체판 사이의 거리, C는 단위 길이당 전체 커패시턴스, Ca는 유전체를 공기로 가정했을 때의 단위 길이당 전체 커패시턴스, c는 빛의 속도이다. Conformal mapping을 사용하여 CBCPW 결합선로를 평행판 선로로 변환시킨 후, 도체판의 단면적과 도체판 사이의 거리를 제1종 완전타원적분의 식으로 표현하였으므로 단위 길이당 커패시턴스, 유효 유전율, 위상 속도, 특성 임피던스, 결합도를 식 (13)~(17)로부터 구할

www.dbpia.co.kr

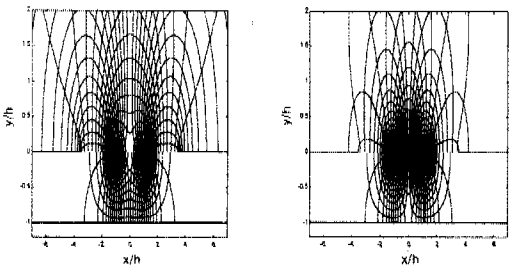
수 있다.

Ⅲ. 시뮬레이션 결과

Z_1과 Z_2평면에서 x_1, x_2와 y_1, y_2는 제1종 완전타원적분의 식으로 표현되고, 이는 각각 매개변수 β_1, β_2와 α_1, α_2로 표현된다. 전자계 패턴을 그리기 위해서는 x_1, x_2와 y_1, y_2가 가지는 범위에 따라 β_1, β_2와 α_1, α_2의 범위를 $0 \sim \pi/2$, $-\pi/2 \sim 0$ 또는 $-\pi/2$ $\pi/2$로 변화시키면서, α나 β중 하나는 상수로, 다른 하나는 변수로 설정하여서 원하는 전계 패턴이나 자계 패턴을 얻을 수 있다. 그림 3은 h를 기준으로 했을 때, 여러 가지 a, b, c값에 따른 전자계 패턴이다.



(a) a/h = 0.5 b/h = 1.5 c/h = 2



(b) a/h = 0.5 b/h = 1.5 c/h = 3.5

그림 3. CBCPW 결합 선로의 우모드, 기모드 전자계 패턴

유효 유전율, 위상 속도, 특성 임피던스, 결합도는 유전체 영역과 공기 영역 그리고 유전 물질을 공기로 가정했을 때의 유전체 영역의 단위 길이당 커패시턴스로부터 식 (13)~(17)을 사용하여 구할 수 있다. CBCPW 결합선로에서 (c-b)/h를 아주 큰 값으로 두면 CBCPW 결합선로는 마이크로스트립 결합선로와 같이 동작하게 되나, 유전체 영역과 공기 영역 사이의 경계면에 위치한 스트립과 접지면 사이의 슬롯은 완전자계벽으로 동작하지 않게 된다. 그러나 본 논문에서는 접지면이 단면 방향으로 균일하고 무한하다는 가정을 했으므로 슬롯폭이 어느 정도 커질 때까지는 스트립과 접지면 사이의 슬롯을 완전자계벽으로 가정하여도 무시할 수 없을만큼 큰 오차는 발생하지 않는다고 할 수 있다[3][4][11]. 따라서 본 논문에서 제시한 방법의 타당성을 확인하기 위하여 (c-b)/h를 작은 값에서 큰 값으로 변화시키면서 구한 CBCPW 결합선로의 특성 임피던스와 여러 가지 방법으로 측정한 마이크로스트립 결합선로의 특성 임피던스를 표 1과 그림 4에서 비교해 보았다[18].

h를 기준으로 했을 때, 여러 가지 a, b, c값의 변화에 따른 유효 유전율은 그림 5에, 특성 임피던스는 그림 6에, 결합도는 그림 7에 나타내었다.

표 1. 마이크로스트립 결합선로의 특성 임피던스 비교(ε_r=9.6, (c-b)/h=30)

크기		Bryant & Weiss		Coats		Garg & Bahl		Using Touchstone		This method	
(b-a)/h	a/h	even	odd	even	odd	even	odd	even	odd	even	odd
0.2	0.025	140.5	37.5	140.0	36.0	138.0	38.3	134.6	42.7	136.4	35.7
	0.1	129.2	53.4	128.5	52.0	130.0	52.9	127.9	51.4	125.6	51.8
	0.25	116.5	67.0	115.0	67.0	117.0	66.6	114.7	66.0	113.5	66.5
	0.5	104.9	78.7	104.5	77.5	107.0	79.0	103.7	77.3	103.7	78.0
0.5	0.025	97.1	29.6	97.0	28.0	96.3	30.8	94.7	33.2	96.9	28.5
	0.1	92.2	39.9	91.5	39.0	92.6	41.2	91.2	39.1	91.5	39.3
	0.25	84.5	49.7	84.0	49.0	85.2	50.1	83.8	49.0	84.3	49.4
	0.5	77.4	57.7	77.0	57.7	78.9	57.9	76.9	57.0	77.8	57.6
1.0	0.025	67.5	24.7	67.5	23.5	66.3	24.9	65.9	27.1	67.4	23.9
	0.1	64.5	31.6	64.5	31.5	64.7	32.5	64.2	31.1	64.8	31.3
	0.25	60.5	38.1	60.0	38.0	60.8	38.1	60.2	37.7	61.0	38.1
	0.5	56.5	43.2	57.0	42.0	57.3	42.8	56.3	42.9	57.3	43.4
2.0	0.025	42.4	19.6	42.0	18.0	41.8	19.1	41.7	21.1	42.4	19.1
	0.1	41.0	23.7	41.0	23.0	41.1	23.8	41.0	23.5	41.4	23.7
	0.25	39.4	27.4	39.0	27.0	39.4	27.1	39.3	27.2	39.8	27.5
	0.5	37.6	30.1	37.5	29.5	37.8	29.6	37.5	29.9	38.2	30.5

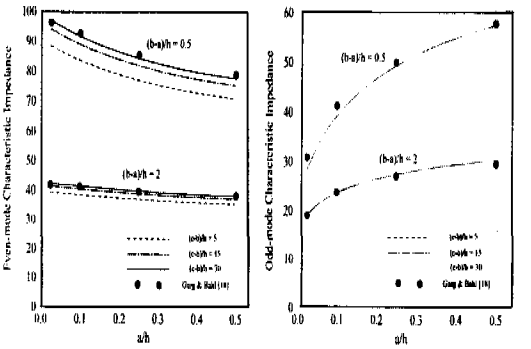
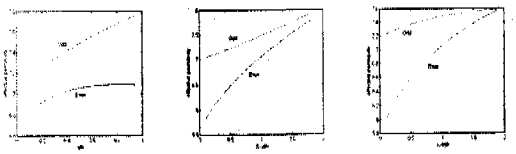
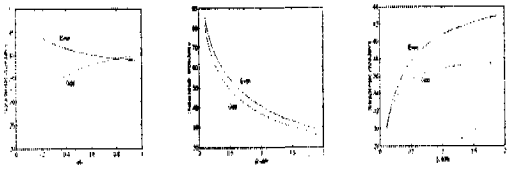


그림 4. 마이크로스트립 결합선로의 특성 임피던스 비교 (ε_r=9.6)

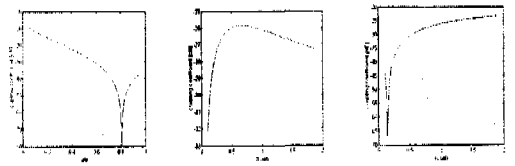
www.dbpia.co.kr



(b-a)/h=1 (c-b)/h=1 a/h=0.5 (c-b)/h=1 a/h=0.5 (b-a)/h=1
그림 5. CBCPW 결합 선로의 유효 유전율 (εr=12.9)



(b-a)/h=1 (c-b)/h=1 a/h=0.5 (c-b)/h=1 a/h=0.5 (b-a)/h=1
그림 6. CBCPW 결합 선로의 특성 임피던스 (εr=12.9)



(b-a)/h=1 (c-b)/h=1 a/h=0.5 (c-b)/h=1 a/h=0.5 (b-a)/h=1
그림 7. CBCPW 결합 선로의 결합도 (εr=12.9)

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 CBCPW 결합선로의 전자계 패턴과 유효 유전율, 특성 임피던스, 결합도를 우모드와 기모드 각각에 대하여 다양한 선로 구조에 따라 해석하였다. 전자계 패턴에서는 여러 가지 구조에서의 결합도와 전송 특성(마이크로스트립 모드 또는 CPW 모드에의 유사성)에 대한 대략적인 정보를 얻을 수 있다. 가운데 슬롯폭이 좁을수록 결합도가 크고, 바깥쪽 슬롯폭이 클수록 마이크로스트립에 가까운 전송 특성을 보였다. 유효 유전율은 가운데 슬롯폭, 안쪽 스트립의 폭과 바깥쪽 슬롯폭의 영향을 모두 받으며, 그 폭들이 커질수록 유효 유전율도 커졌다. 특성 임피던스는 안쪽 스트립의 폭에 의해 가장 큰 영향을 받으며, 역시 그 폭과 반비례하여 작아는 특성을 보였다. 결합도는 가운데 슬롯폭에 의한 영향이 가장 크며, 그 폭이 좁을수록 결합도가 커졌다. 본 논문의 결과는 CBCPW 결합선로의 특성에 대하여 빠른 방법으로 예측함으로써 설계하고자 하는 여파기나 방향성 결합기에 필요한 결합선로의 특성 파라미터를 선택하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] T. Itoh, "Overview of Quasi-Planar Transmission Lines," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-37, pp. 275-280, Feb. 1989.

[2] Y. C. Shih, and T. Itoh, "Analysis of Conductor-Backed Coplanar Waveguide," Electron. Lett., vol. 18, no. 12, pp. 538-540, June. 1982.

[3] G. Ghione and C. U. Naldi, "Coplanar Waveguides for MMIC Applications : Effect of Upper Shielding, Conductor Backing, Finite-Extent Ground Planes, and Line-to-Line Coupling," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-35, no. 3, pp. 260-267, Mar. 1987

[4] M. Gillick, I. D. Robertson, and J. S. Joshi, "Direct Analytical Solution for the Electric Field Distribution at the Conductor Surfaces of Coplanar Waveguides," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-41, pp. 129-134, Jan. 1993.

[5] G. C. Liang, Y. W. Liu, and K. K. Mei, "Full-Wave Analysis of Coplanar Waveguide and Slotline Using the Time-Domain Finite-Difference Method," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-37, pp. 1949-1957, Dec. 1989.

[6] K. K. M. Cheng, and J. K. A. Everard, "A New Technique for the Quasi-TEM Analysis for Conductor-Backed Coplanar Waveguide Structures," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-41, pp. 1589-1592, Sept. 1993.

[7] C. Shih, R. B. Wu, S. K. Jeng, and C. H. Chen, "A Full-Wave Analysis of Microstrip Lines by Variational Conformal Mapping Technique," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-36, pp. 576-581, Mar. 1988.

[8] C. N. Chang, Y. C. Wong, and C. H. Chen, "Full-Wave Analysis of Coplanar Waveguides by Variational Conformal Mapping Technique," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-38, pp. 1339-1343, Sept. 1990.

www.dbpia.co.kr

[9] T. Hatsuda, "Computation of Coplanar-Type Strip-Line Characteristics by Relaxation Method and Its Application to Microwave Circuits," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-23, pp. 795-802, Oct. 1975.

[10] C. P. Wen, "Coplanar Waveguide : A Surface Strip Transmission Line Suitable for Nonreciprocal Gyromagnetic Device Applications," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-17, pp. 1087-1090, Dec., 1969.

[11] C. P. Wen, "Coplanar-Waveguide Directional Couplers," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-18, pp. 318-322, June. 1970.

[12] G. Ghione, and C. U. Naldi, "Parameters of Coplanar Waveguides with Lower Ground Plane," Electron. Lett., vol. 19, no. 18, pp. 734-735, Sept. 1983.

[13] V. F. Hanna, and D. Thebault, "Theoretical and Experimental Investigation of Asymmetric Coplanar Waveguides," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-32, pp. 1649-1651, Dec. 1984.

[14] S. S. Bedair, and I. Wolff, "Fast, Accurate and Simple Approximate Analytic Formulas for Calculating the Parameters of Supported Coplanar Waveguides for (M)MIC's," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-40, pp. 41-48, Jan. 1992.

[15] M. Gillick, I. D. Robertson and J. S. Joshi, "An Analytical Method for Direct Calculation of E & H-Field Patterns fo Conductor-Backed Coplanar Waveguides," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-41, pp. 1606-1610, Sept. 1993.

[16] K. K. M. Cheng, "Analysis and Synthesis of Coplanar Coupled Lines on Substrates of Finite Thickness," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-44, pp. 636-639, Apr. 1996.

[17] M. E. Davis, E. W. Williams, and A. C. Celestini, "Finite-Boundary Corrections to the Coplanar Waveguide Analysis," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-21, pp. 594-596, Sept. 1973.

[18] R. Garg, and I. J. Bahl, "Characteristics of Coupled Microstriplines," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-27, pp. 700-705, July. 1979.

[19] J. W. Lee, I. P. Hong, T. H. Yoo and H. K. Park, "Quasi-static analysis of conductor-backed coupled coplanar waveguide," Electron. Lett., vol. 34. no. 19, pp. 1861-1862, Sept. 1998.

이 재 웅(Jae-Woong Lee) 정회원

1997년 2월 : 연세대학교 전파공학과(공학사)
1997년 3월~현재 : 연세대학교 전파공학과 대학원 석사과정

<주관심 분야> 초고주파 회로설계 및 전자기 해석

홍 익 표(Ic-Pyo Hong) 정회원

1994년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
1996년 2월 : 연세대학교 전자공학과 대학원(공학박사)
1996년 3월~현재 : 연세대학교 전자공학과 대학원 박사 과정

<주관심분야> 초고주파 회로설계 및 전자기 해석

유 태 훈(Tae-Hoon Yoo) 정회원

1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 대학원(공학석사)
1987년 2월~1993년 2월 : 삼성전자 정보통신 연구소
1993년 3월~현재 : 동양공업전문대학 전자통신과 조교수
1994년 8월~현재 : 연세대학교 전자공학과 대학원 박사 과정

<주관심분야> 초고주파 회로설계 및 전자기 해석

www.dbpia.co.kr

박 한 규(Han-Kyu Park) 정회원
1941년 6월 21일생
1964년 2월 : 연세대학교 전기공학과(공학사)
1968년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원(공학석사)
1973년 : 프랑스 파리대학교(소르본) 박사과정 수료 (DEA)
1975년 : 프랑스 파리6대학교 Ph.D.
1976년~1992년 : 연세대학교 전자공학과 교수
1992년~현재 : 연세대학교 전파공학과 교수
<주관심분야> 이동통신, 안테나, 마이크로파통신, 전파전파

www.dbpia.co.kr