

결함접지구조와 가유전체 기판구조를 결합한 전송선로의 설계

권경훈¹, 임종식^{1*}

¹순천향대학교 대학원 전기통신시스템공학과

Design of a Transmission Line using Defected Ground Structure and Artificial Dielectric Substrate

Kyunghoon Kwon¹ and Jongsik Lim^{1*}

¹Dept. of Electrical and Comm. System Eng., Soonchunhyang University

요 약 본 논문에서는 결함접지구조와 가유전체 기판구조를 이용하여 새로운 초고주파 대역 전송선로 구조가 제안된다. 결함접지구조는 전송선로의 단위길이당 등가의 인덕턴스를 증가시켜 동일한 선폭일 때 전송선로의 특성 임피던스를 키우면서 선로의 길이를 줄여준다. 가유전체 기판구조는 전송선로의 단위길이당 등가의 커패시턴스를 증가시켜, 동일한 선폭일 때 전송선로의 특성 임피던스를 낮추면서 선로의 길이를 줄여준다. 따라서 결함접지구조와 가유전체 기판구조는 모두 전송선로의 길이를 줄이면서 선폭에 대해서는 상보적인 역할을 한다. 그러므로 두 구조가 결합되면 전송선로의 특성 임피던스는 크게 변하지 않은 채 길이만 더욱 줄일 수 있으므로, 초고주파 회로의 소형화에 크게 유리하다. 본 논문에서는 결함접지구조와 가유전체 기판구조를 모두 결합시킨 35~100Ω 전송선로를 설계하고, 실제로 제작 및 측정하여 그 결과를 제시하는데, 특성 임피던스의 예측값과 측정값이 잘 일치함을 보인다. 동일한 전기적 길이에 대하여 제안한 전송선로는 Fig.준형 마이크로스트립 전송선로에 비하여 불과 55.4~76.9% 물리적 길이를 갖는다.

Abstract In this work, a new high frequency transmission line structure combined with defected ground structure (DGS) and artificial dielectric substrate (ADS) structure is proposed. DGS patterns give add the additional inductance to transmission lines and results in the increased characteristic impedance for a given line width. To the contrary, ADS presents increased capacitance and reduced line impedance. So both play a role in reducing the length of transmission lines commonly, but in preserving the line impedance complementarily. This means that the length of transmission lines can be reduced furtherly by DGS and ADS without a critical change of line width compared to the cases when one of DGS and ADS is used only. As examples, 35~100Ω transmission lines having DGS and ADS are designed, fabricated, measured, and compared to the simulation results. A good agreement between the simulated and measured line impedances is presented. In addition, the physical lengths of the proposed transmission lines are only 55.4~76.9% of those of the normal microstrip lines for the same electrical lengths.

Key Words : DGS, ADS, microstrip lines, transmission lines

1. 서론

초고주파 대역 전송선로로 마이크로스트립 선로, 스트립 선로, 평면 도파관형 선로, 동축케이블, 직사각형 도파관, 원형도파관 등이 있다[1-3]. 그 중 제작이 쉽고 비용

이 저렴하며 회로 응용성이 뛰어난 마이크로스트립 전송선로가 가장 널리 사용된다[3]. 특히 초고주파 대역 무선통신용 각종 부품의 제작에 있어서 설계의 용이성, 저가격, 양산성 등에 있어서 절대적인 비교 우위에 있기 때문에 무선통신용 회로에 널리 사용되고 있다.

*Corresponding Author : Jongsik Lim(Soonchunhyang Univ.)

Tel : +82-41-530-1332 email: jslim@sch.ac.kr

Received June 7, 2013

Revised (1st June 19, 2013, 2nd July 4, 2013)

Accepted July 11, 2013

표준형 마이크로스트립 전송선로는 주어진 유전체 기판의 두께(H)와 비유전율(ϵ_r), 그리고 선로의 선평(W)에 의하여 특성 임피던스(Z₀)나 물리적 길이가 결정된다. 따라서 전송선로의 길이나 회로의 크기를 줄이기 위해서 유전율을 키우는 방법이 있으나, 이때 유전체의 가격과 손실이 함께 증가하는 문제가 있다[3,4].

한편 전송선로의 특성 임피던스는 단위 길이당 등가의 인덕턴스(L)와 등가의 커패시턴스(C) 비의 제곱근 ($(L/C)^{1/2}$)에 의하여 결정되고, 또 등가의 L,C 값이 클수록 물리적 길이가 짧아지는 특성이 있다[1,5]. 이런 특성을 이용하기 위하여 마이크로스트립 전송선로의 접지면에 주기구조(periodic structure)인 PBG(photonic bandgap)나 결합접지구조(defected ground structure, DGS)를 삽입하여 전송선로의 단위 길이당 등가의 L을 크게 삽입하여 특성 임피던스를 키우고 길이를 짧게 하는 연구가 발표되었다. 그리고 이런 전송선로 구조를 이용한 다수의 무선통신용 회로가 소형화 목적으로 설계되어 발표되었다 [6-9].

그런데 마이크로스트립 전송선로에 주기구조를 삽입하면 동일한 특성 임피던스에 비해 선평이 얇아지고 $(L/C)^{1/2}$ 에서 L이 증가하는 효과이므로 높은 임피던스 선로를 구현할 수 있게 되는 반면, 낮은 임피던스 선로를 구현하는데 상대적으로 불리하게 된다. 그래서 이와 쌍대적인 개념으로 단위길이당 등가의 C를 키워서, 동일한 특성 임피던스에 비해 선평이 두껍게 하여 낮은 임피던스 선로를 구현하는데 상대적으로 유리하게 하는 구조가 최근에 발표된 적이 있다. 이 전송선로 구조는 다수의 비어홀을 지닌 제2기판을 선로패턴이 구현된 제1기판에 덧댄 구조로, 다수의 비어홀 때문에 단위길이당 C가 증가하고 특성 임피던스가 낮아지는 효과를 갖는다. 이 구조에서는 기판의 유효유전율(effective dielectric constant, ϵ_{eff})이 비어홀의 간격과 크기에 따라 좌우되므로 가유전체 구조(artificial dielectric substrate, ADS)라고 불린다.

위에서 설명했듯이 주기구조와 가유전체 구조는 전송선로의 특성 임피던스나 선로의 선평에 있어서 서로 상보적인 역할을 하게 된다. 그러나 두 구조 모두 전송선로의 전기적 길이를 증가시키므로 결과적으로 특정한 전기적 길이를 위한 물리적 길이를 모두 줄여주는 공통적인 특징이 있다. 따라서 이 두 구조를 동시에 사용하게 되면 전송선로의 물리적 길이가 크게 줄어들어, 결과적으로 이 전송선로를 응용한 무선회로의 크기를 더욱 줄일 수 있게 된다.

이에 본 논문에서는 대표적인 주기구조 가운데 하나인 결합접지구조와 가유전체 구조를 결합시킨 새로운 형태의 전송선로 구조를 제안하고, 전송선로의 선평과 길이에

대한 비교, 분석을 실시한다. 그리고 몇 가지 예로써 제안한 전송선로들을 실제로 제작 및 측정하고 특성 임피던스를 구하여 예측값과 비교한다. 그리고 결과를 종래의 표준형 마이크로스트립 전송선로의 길이와 비교하여 동일한 전기적 길이임에도 불구하고 물리적 길이가 현저하게 줄어들음을 보임으로써 제안한 전송선로 구조의 타당성을 확인한다.

2. 소형화 목적의 종래의 전송선로

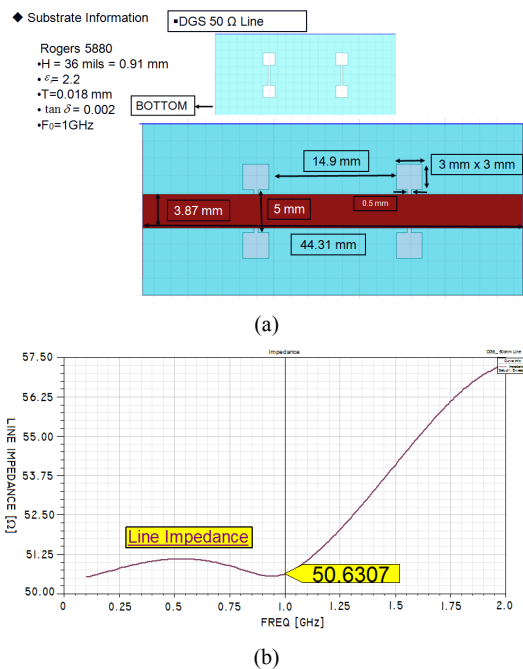
본 장에서는 소형화를 목적으로 한 종래의 변형된 전송선로 구조를 설명하고자 한다. 대표적인 예로서 종래에 연구되었던 결합접지구조형 전송선로와 가유전체 기판구조형 전송선로를 고찰한다. 본 장에 간단히 언급된 전송선로들은 본 연구에서 제안하고자 하는 전송선로 구조와의 비교 대상이 된다.

2.1 결합접지구조형 전송선로

결합접지구조(DGS)와 마이크로스트립 전송선로에 관한 연구결과가 종래에 이미 많이 발표된 적이 있으므로, 본고에서는 이에 대하여 참고문헌의 설명에 의지하고자 하며, 여기서는 개략적인 설명만을 하고자 한다.

Fig. 1(a)와 (b)는 각각 마이크로스트립 전송선로의 바닥 접지면에 구현된 아령형의 DGS와 HFSS(high frequency structure simulator)로 시뮬레이션하여 계산한 선로의 특성 임피던스를 보여준다. 본 연구에서는 유전체 기판의 예로서 두께(H)가 36mils이고, 비유전율(ϵ_r)이 2.2인 기판을 선택하였다. 아령형 DGS 구조는 사각형 결합패턴 외곽선을 따라서 흐르는 전자와 신호 때문에 부가적인 인덕턴스(L)이 증가하므로, 전송선로의 단위길이당 인덕턴스가 커지게 되어 동일한 선평 대비 특성 임피던스를 내리거나 또는 동일한 특성 임피던스 대비 선평을 키울 수 있다는 장점이 있다[9].

50Ω 표준형 마이크로스트립 전송선로의 선평(W)과 1GHz에서의 $\lambda/4$ 의 길이는 각각 2.77mm와 54.78mm인데, Fig. 1의 50Ω DGS 전송선로에서는 각각 3.87mm와 44.31mm로써 표준형에 비하여 선평이 더 넓어졌고 동일한 전기적 길이 $\lambda/4$ 에 대해서 물리적인 길이도 더 짧아졌음을 알 수 있다. 한편 비교를 위하여 살펴보면 40Ω 표준형 전송선로의 경우 선평과 1GHz에서 $\lambda/4$ 의 길이가 각각 3.87mm와 54.21mm이다. 즉 40Ω 표준형 전송선로에 해당하는 선평이 50Ω DGS 전송선로의 선평과 같으므로 DGS에 의하여 선평이 더 넓어졌음을 알 수 있다.



[Fig. 1] 50Ω microstrip transmission line using defected ground structure (a)DGS structure (b)line impedance

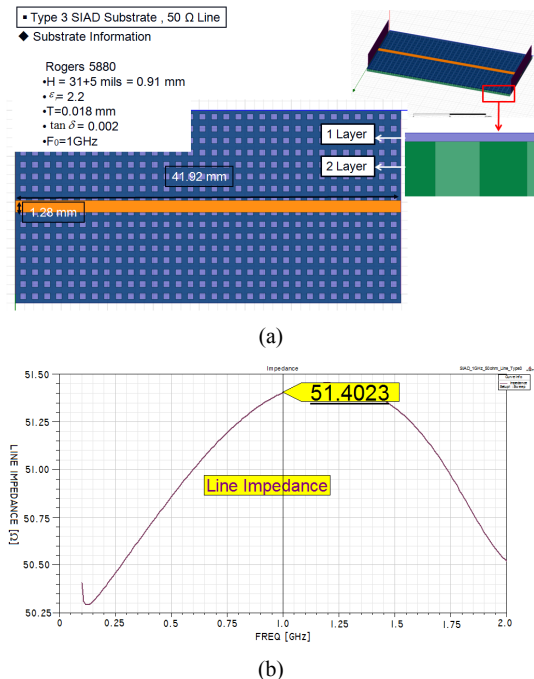
2.2 가유전체 기판구조형 전송선로

가유전체 기판구조 (artificial dielectric substrate, ADS) 는 다수의 비어홀을 가진 제2기판층을 마이크로스트립 패턴이 새겨진 제1기판층의 아랫면에 덧댄 구조를 취한다. 이리하여 단위길이당 전송선로의 등가 커패시턴스를 크게 키워서 특성 임피던스를 낮추고 동일한 물리적 길이 대비 전송선로의 물리적 길이를 줄이게 된다[10,11].

Fig. 2(a)와 (b)는 본 연구에서 사용한 ADS 구조와 이를 이용한 50Ω ADS 마이크로스트립 전송선로, 그리고 HFSS로 분석한 선로의 특성 임피던스를 보여주고 있다. 제1기판과 제2기판의 두께는 각각 5mils, 31mils이고, 두 기판은 동일한 비유전율(ϵ_r) 2.2를 갖는다. 이는 위에 설명한 DGS 구조와의 동시 사용을 위해서 의도적으로 같게 했기 때문이다. 다수의 비어홀은 등간격의 주기성을 가지고 있는데, 일장간격(pitch)는 1.3mm이고, 비어홀의 크기는 0.8mm이다.

ADS 구조에서는 제2기판층에 구현되는 다수의 비어홀에 의하여 $(L/C)^{1/2}$ 에서 C가 크게 증가하는 특성을 가지므로 동일한 선폭 대비 낮은 임피던스 선로를 구현할 수 있는 특징이 있으며 동시에 선로의 길이가 크게 줄어드는 효과도 있다. Fig. 2(a)의 경우에 1GHz에서 50Ω ADS 마이크로스트립 전송선로의 폭과 $\lambda/4$ 의 길이는 각각 1.28mm와 41.92mm이다. 이것을 위에서처럼 50Ω 표준형

마이크로스트립 전송선로와 비교할 수 있다. 50Ω 표준형 선로의 선폭과 1GHz에서의 $\lambda/4$ 의 길이는 각각 2.77mm와 54.78mm였으므로 선폭과 길이에서 현저하게 차이가 남을 알 수 있다. 한편, 80Ω 표준형 전송선로의 경우 선폭과 1GHz에서 $\lambda/4$ 의 길이가 각각 1.24mm와 56.11mm이다. 즉 80Ω 표준형 전송선로에 해당하는 선폭이 50Ω ADS 전송선로의 선폭과 같으므로 ADS에 의하여 선폭이 더 좁아졌음을 알 수 있다.



[Fig. 2] 50Ω microstrip transmission line using artificial dielectric structure (a)ADS structure (b)line impedance

3. 결합접지구조와 가유전체 기판구조를 결합한 새로운 구조의 전송선로

상기에서 살펴본 바에 의하면 표준형 마이크로스트립 전송선로는 DGS 구조에 의하여 동일한 선폭일 경우 특성 임피던스가 더 크고, ADS 구조에 의하여 특성 임피던스가 더 낮다. 이를 동일한 특성 임피던스를 기준으로 비교해도 의미가 큰데, 표준형 전송선로의 선폭이 DGS를 삽입한 경우보다 선폭이 더 넓고, ADS 구조에 비해서는 선폭이 더 좁다. 즉, 전송선로의 특성 임피던스와 선폭에 대하여 DGS와 ADS가 서로 상보적인 역할을 하게 된다. 그러므로 표준형 마이크로스트립 전송선로 구조로 높은

특성 임피던스를 구현하기 어려울 때는 DGS를 삽입하여 해결할 수 있고, 반대로 낮은 특성 임피던스를 구현하기 어려울 때는 ADS 구조로 해결할 수 있다.

이 때 중요한 사실은, 선폭 또는 특성 임피던스 값에 대한 DGS와 ADS의 역할이 상보적인데 비하여 유전체 기판의 유효유전율은 모두 표준형에 비하여 증가한다는 사실이다. 이는 단위 길이당 증가의 인덕턴스 또는 커패시턴스 성분이 증가하기 때문인데, 이로 인하여 전기적 길이가 모두 증가하므로 결과적으로는 동일한 전기적 길이를 유지하기 위하여 물리적 길이를 더욱 크게 줄일 수 있다. 즉 표준형 전송선로에 DGS나 ADS 둘 중 어느 하나를 삽입하면 크기를 줄일 수 있다는 종래의 연구결과에서 한 발 더 나아가, 이 두 구조를 결합하여 새로운 전송선로를 설계하면 전송선로의 선폭을 표준형과 가깝게 유지하면서도 물리적 길이는 종래의 두 구조보다 더욱 줄일 수 있다는 장점이 있다. 이제 대표적으로 널리 사용되는 몇 가지 특성 임피던스 값을 이용하여 제안한 전송선로의 설계예를 들어보기로 하겠다.

3.1 50Ω 전송선로

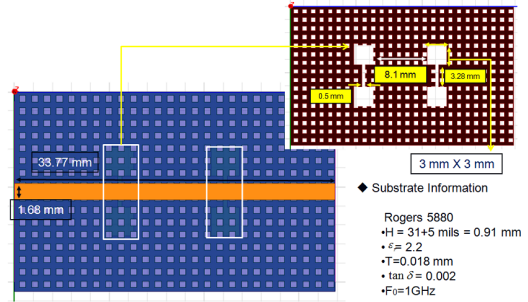
Fig. 3(a)는 DGS와 ADS를 모두 사용한 50Ω 전송선로를 보여주고 있다. 제안한 구조로 설계한 결과, 선폭은 1.68mm이고 1GHz에서 λ/4의 길이는 33.77mm이다. Ansys社의 HFSS(high frequency structure simulator)를 이용하여 이 선로에 대한 전자기적 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 Fig. 3(b)에 나타내었다. 이 그림에 의하면 1GHz에서 입력측 반사계수를 나타내는 S₁₁의 크기가 -39dB 이하임을 알 수 있다. 이 특성을 이용하여 선행연구를 통해 잘 알려진 식 (1)을 이용하면 새롭게 설계된 전송선로의 특성 임피던스 (Z_c)를 구할 수 있다[9].

이렇게 계산한 특성 임피던스를 Fig. 3(c)에 나타내었다. 이 결과로부터 설계된 전송선로의 특성 임피던스가 거의 50Ω임을 확인할 수 있다. 여기서 Z₀는 무선통신용 시스템, 계측기 및 회로나 부품에서 널리 사용되는 기준 단자 임피던스 값인데, 대부분 50Ω이 사용된다.

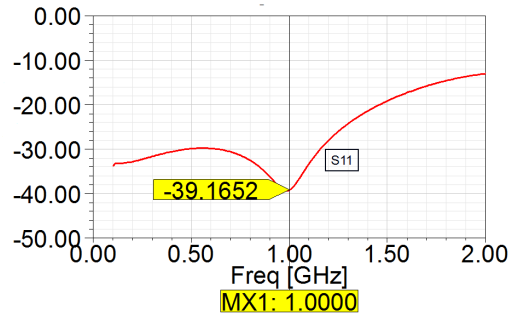
$$Z_c = Z_0 \sqrt{\frac{1 + |S_{11}|}{1 - |S_{11}|}} \quad (1)$$

이제 설계된 50Ω 전송선로의 치수를 종래의 선로들과 비교해 보기로 하겠다. 우선 선폭을 살펴보면 ADS만을 사용했을 때의 선폭인 1.28mm보다 0.4mm가 늘어났음을 알 수 있다. 그리고 1GHz에서 λ/4의 길이를 비교해 봐도, ADS만을 사용했을 때의 41.92mm보다 8.15mm가 더 줄

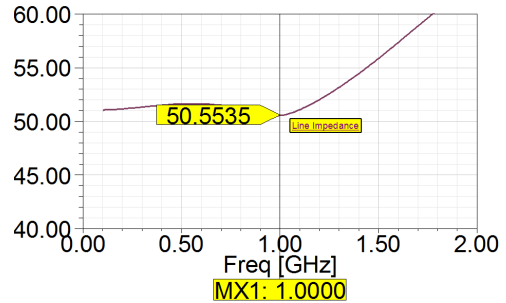
어 들었다. 따라서 DGS와 ADS를 결합하여 사용함으로써 전송선로의 길이를 현저하게 줄일 수 있음을 알 수 있다. 한편 선폭이 1.68mm일 때 표준형 전송선로의 경우 선로 임피던스는 68.4Ω이며, 1GHz에서 λ/4의 길이는 55.47mm이다.



(a)



(b)



(c)

[Fig. 3] 50Ω microstrip transmission line using defected ground structure and artificial dielectric structure (a)line structure (b)magnitude of S₁₁ (c)line impedance(Z_c)

Table 1은 지금까지 설명한 세 가지 50Ω 전송선로들을 쉽게 비교하기 위하여 정리한 표이다. 이 표를 통해 Fig. 3(a)의 전송선로의 선로 길이가 가장 짧다는 것을 쉽게 알 수 있다.

[Table 1] Dimensions of 50Ω lines

Lines	Line width (mm)	$\lambda / 4$ @ 1GHz (mm)	Ratio to the normal line(%)	Remarks
Normal	2.87	53.71	-	
DGS line	3.87	44.31	82.5	Corresponds to the width of 40Ω normal line
ADS line	1.28	41.92	78	Corresponds to the width of 80Ω normal line
DGS+ADS line	1.68	33.77	62.9	Corresponds to the width of 68.40Ω normal line

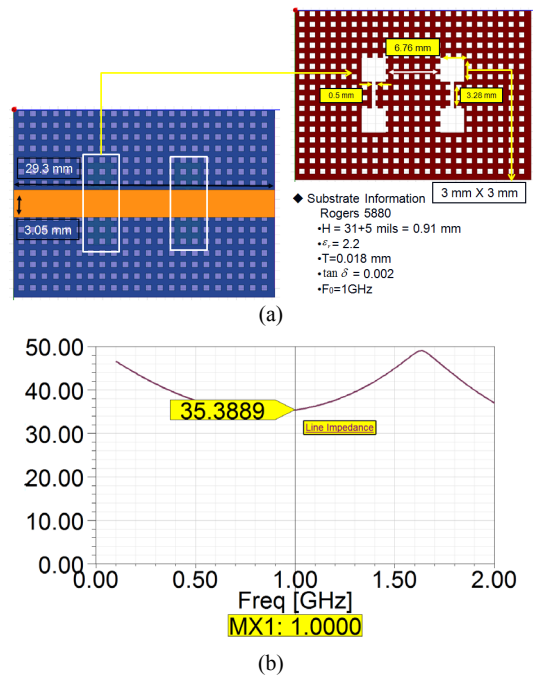
3.2 여러 가지 선로 임피던스의 전송선로

제안한 새로운 전송선로 구조가 다양한 선로 임피던스에 대해서도 설계가 가능함을 보이기 위하여, 본 절에서는 초고주파 무선회로 설계에 널리 사용되는 대표적 임피던스 값인 35.35Ω과 70Ω 전송선로를 설계한 결과를 언급한다. 무선통신용 회로부품이나 시스템에 널리 사용되는 기준 단자 임피던스(Z_0)는 50Ω으로 상기 식(1)에서 사용된 그 값인데, 이는 위에서 설계예로 든 50Ω 전송선로의 임피던스 값과 같아서 설계가 비교적 용이한 경우이다.

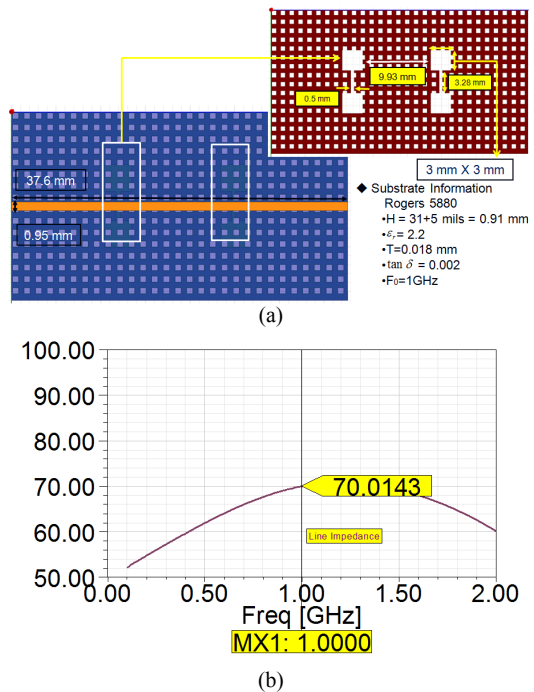
이에 비하여 35.35Ω과 70Ω 전송선로의 선폭은 50Ω 전송선로에 비하여 선폭이 각각 넓거나 좁은데, 대표적인 무선통신용 회로인 월킨슨 전력분배기, 브랜치 라인 커플러, 링 하이브리드 커플러 등에 빈번하게 사용되는 선로 임피던스 값이다[1,3]. 이에 본 절에서는 전송선로의 선폭이 50Ω에 비하여 넓거나 좁은 경우에도 새로운 구조의 전송선로의 설계가 가능함을 보이기 위하여, 제안한 구조로 35.35Ω과 70Ω 전송선로를 설계한 결과를 설명한다.

Fig. 4(a)와 (b)는 제안한 전송선로 구조로 설계한 35Ω 전송선로 구조와, HFSS 시뮬레이션 특성과 식 (1)를 이용하여 계산한 특성 임피던스 값을 보여주고 있다. 1GHz에서 35.38Ω의 특성 임피던스를 얻었다. 설계된 선로의 선폭은 3.05mm이고 $\lambda / 4$ 의 길이는 29.3mm이다.

또한 Fig. 5(a)와 (b)는 제안한 전송선로 구조로 설계한 70Ω 전송선로 구조와, 계산한 특성 임피던스 값을 보여주고 있다. 역시 같은 방법으로 계산한 결과 1GHz에서 70.01Ω의 특성 임피던스를 얻었으며, 이 때 선폭은 0.95mm이고 $\lambda / 4$ 의 길이는 37.6mm이다.



[Fig. 4] 35Ω microstrip transmission line using defected ground structure and artificial dielectric structure (a)line structure (b)line impedance



[Fig. 5] 70Ω microstrip transmission line using defected ground structure and artificial dielectric structure (a)line structure (b)line impedance

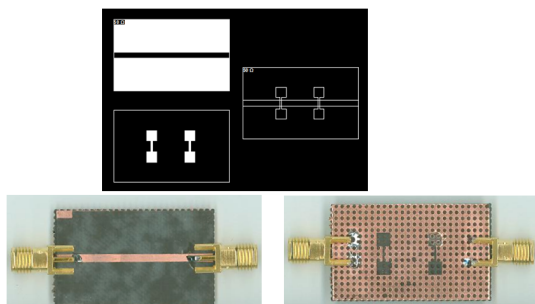
[Table 2] Comparison of 4 transmission lines

Line impedance	W	Normal line	DGS line	ADS line	DGS +ADS line (length ratio to the normal line(%))
	L				
35Ω	W	4	7.37	2	3.05
	L	52.87	37.51	40.32	29.3 (55.42)
50Ω	W	2.87	3.87	1.28	1.68
	L	53.71	44.31	41.92	33.77 (62.87)
70Ω	W	1.03	2.14	0.72	0.95
	L	53.66	47.41	44.32	37.6 (70.07)
100Ω	W	0.43	1	0.33	0.36
	L	54.63	50.71	47.32	42 (76.88)
Remarks	W: line width (mm) L: λ / 4 @ 1GHz (mm) Substrate: ε _r =2.2, H=5+31=36mils				

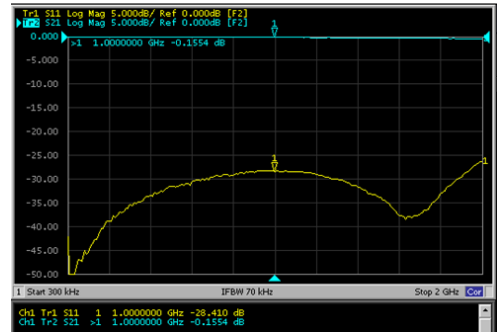
Table 2는 본 연구에서 제안한 전송선로 구조로 설계한 35Ω~100Ω 네 가지 전송선로의 선폭과 1GHz에서 λ/4의 길이를 정리한 것이다. 또한 이 표에는 표준형 선로, DGS를 지닌 선로, ADS를 지닌 선로들의 치수도 함께 정리되어 있다. 제안한 전송선로 구조가 표준형 선로에 가장 가까운 선폭을 가지면서도 같은 전기적 길이에 대해 가장 짧은 물리적 길이를 갖는다는 것을 알 수 있다.

4. 제안한 전송선로 구조의 제작 및 측정

상기와 같이 설계한 DGS와 ADS를 모두 지나는 전송선로의 실제 특성 임피던스를 측정해 보기 위하여 전송선로 패턴 회로를 제작하였다. Fig. 6은 한 예로서 제안한 구조의 50Ω 전송선로를 제작하는데 필요한 패턴 필름과 제작 사진을 보여주고 있다. 상기 설명에서 보인 대로 DGS와 ADS가 결합된 새로운 구조의 마이크로스트립 전송선로가 제작되었다.



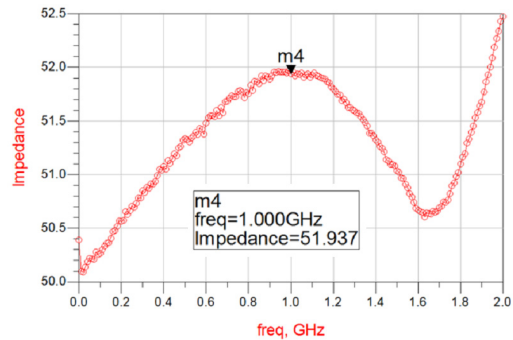
[Fig. 6] Fabrication of the proposed transmission line using DGS and ADS (50Ω)



[Fig. 7] Measured S-parameters of the fabricated 50Ω line

Fig. 7은 벡터 회로망 분석기를 이용하여 Fig. 6에 보인 50Ω 전송선로의 전송특성을 실제로 측정된 결과를 보여주고 있다. S-파라미터 측정을 위하여 Agilent社의 E5071B ENA Series Network Analyzer를 사용하였다. 이 그림에 의하면 1GHz에서 S₂₁과 S₁₁은 각각 -0.15dB와 -28.41dB임을 알 수 있다.

이제 제작한 전송선로의 실제 특성 임피던스를 직접 측정된 S-파라미터를 이용하여 계산할 수 있다. Fig. 8은 제작한 50Ω 전송선로에 대하여 실제로 측정된 S-파라미터에서 계산한 특성 임피던스를 보여주고 있다. 그 결과 1GHz에서 51.93Ω이었는데, 이는 Fig. 3에서 보인 설계값 50.56Ω과 불과 1.37Ω의 차이만 있을 뿐이다. 즉, 이 정도 차이면 실제 회로 설계시 50Ω 마이크로스트립 전송선로로 취급해도 현저한 차이가 없다.



[Fig. 8] Calculated line impedance using the measured S-parameters of the fabricated 50Ω line

Table 3은 본 연구에서 설계, 제작 및 측정된 35~100Ω의 네 가지 전송선로의 특성 임피던스를 구하여 그 결과를 정리한 것이다. 시뮬레이션에 의한 계산과 실제로 측정된 S-파라미터를 이용한 계산값에 큰 차이가 없으면서, 제안한 전송선로 구조의 특성 임피던스가 원하는 값과 유사하게 잘 얻어졌음을 알 수 있다. 따라서 제안한

구조의 전송선로 구조를 이용하면 동일한 선로 임피던스 일 경우에 물리적 길이가 종래의 선로에 비하여 현저하게 줄어들 수 있으므로 훨씬 소형화된 회로를 설계할 수 있다.

[Table 3] Comparison of simulated and measured line impedances

	Simulated $Z_c[\Omega]$	Measured $Z_c[\Omega]$	ΔZ_c [Ω]	ΔZ_c [%]
35 Ω line	35.39	35.3	-0.1	-0.27
50 Ω line	50.55	51.94	1.39	2.74
70 Ω line	70.01	71.62	1.61	2.3
100 Ω line	99.35	102.52	3.17	3.2

5. 결론

본 연구에서는 결합접지구조와 가유전체 기판구조를 동시에 표준형 마이크로스트립 전송선로에 결합시켜, 표준형에 비하여 전송선로의 선폭의 변화를 적게 하면서도 물리적 길이를 크게 줄일 수 있는 새로운 전송선로 구조를 설계하고, 실제 제작 및 측정을 통하여 선로의 임피던스를 계산하여 보았다. 종래에 개별적으로 사용되던 결합접지구조와 가유전체 기판구조를 동일한 유전체 물질과 두께를 갖도록 조절하고 결합시켜, 동일한 전기적 길이 대비 물리적 길이가 종래보다 훨씬 더 짧은 전송선로를 제안하였다. 본 논문에서는 가장 일반적인 전송선로 임피던스 값인 50 Ω 은 물론, 무선회로 설계에 자주 사용되는 35 Ω , 70 Ω , 100 Ω 선로 임피던스 값들에 대하여도 제안한 전송선로 구조를 시뮬레이션하고 또 실제 측정하여 비교함으로써 제작한 선로의 임피던스가 시뮬레이션 결과와도 유사함을 확인하였다. 본 논문의 연구결과를 이용하면 무선통신용 회로의 크기를 현저하게 줄일 수 있음을 기대할 수 있는데, 향후 이 분야에 대한 연구를 지속하여 추후 새로운 연구결과를 계속 발표할 예정이다.

References

[1] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, 2005.
 [2] H. Howe Jr., *Stripline Circuit Design*, Artech House,

Mass., 1979.
 [3] K. C. Gupta, R. Garg, I. Bahl, and P. Bhartia, *Microstrip Lines and Slotlines*, 2nd ed., Artech House, Boston, 1996.
 [4] B. C. Wadell, *Transmission Line Design Handbook*, Artech House, Boston, 1991.
 [5] W. Hayt Jr. and J. Buck, *Engineering Electromagnetics*, 7th ed., McGraw-Hill, New York, pp. 343-345, 2006.
 [6] V. Radisic, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "Novel 2-D Photonic Bandgap Structure for Microstrip Lines," *IEEE Microwave Guide Wave Letters*, vol. 8, no. 2, pp. 69-71, Feb. 1998.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/75.658644>
 [7] S. G. Mao and M. Y. Chen, "A Novel Periodic Electromagnetic Bandgap Structure for Finite-Width Conductor-backed Coplanar Waveguides," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 11, no. 6, pp. 261-263, Jun. 2001.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/7260.928932>
 [8] J. Lim, S. Lee, C. Kim, J. Park, D. Ahn, and S. Nam, "A 4 : 1 Unequal Wilkinson Power Divider", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 11, no. 3, pp. 124-126, Mar. 2001.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/7260.915624>
 [9] J. Lim, C. Kim, J. Park, D. Ahn, and S. Nam, "Design of 10dB 90° Branch Line Coupler using Microstrip Line with Defected Ground Structure", *IEE Electronics Letters*, vol. 36, no. 21, pp. 1784-1785, Oct. 2000.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1049/el:20001238>
 [10] M. Coulombe, H. V. Nguyen, and C. Caloz, "Substrate Integrated Artificial Dielectric (SIAD) Structure for Miniaturized Microstrip Circuits", *IEEE. Antenna and Wireless Propagation Letters*, vol. 6, pp. 575-579, Dec. 2007.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/LAWP.2007.910959>
 [11] J. Lim, J. Lee, K. Kwon, and D. Ahn, "Design of A Asymmetric Branch Line Coupler Using Artificial Dielectric Substrate", *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 13, no. 5, pp. 2319-2324, May 2012.
 DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.5.2319>

권 경 훈(Kyunghoon Kwon)

[준회원]



- 2012년 2월 : 순천향대 전기통신공학과 (공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 순천향대 대학원 전기통신시스템공학과 재학중

<관심분야>

초고주파 무선 능동/수동 회로/부품 설계 분야 등

임 종 식(Jongsik Lim)

[종신회원]



- 1991년 2월 : 서강대 전자공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 서강대 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 서울대 대학원 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 1993년 2월 ~ 2005년 2월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2005년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 재직중

<관심분야>

초고주파 무선 회로/부품 설계, 능동/수동 소자 모델링 및 회로 응용, 주기 구조의 모델링 및 회로 응용 등