

DGS 구조를 이용한 가변 전송선로 구조 및 특성 연구

김영주[†], 최승완[†], 박준석[†], 김형석[‡], 조흥구[†]
 국민대학교 전자정보통신공학부[†], 중앙대학교 전자전기공학부[‡]

Variable Transmission Line Structure and Characteristic Study of Using DGS Sturcture.

Young-Ju Kim[†], Seung-Wan Choi[†], Jun-Seok Park[†], Hong-Goo Cho[†], and Hyeong-Seok Kim[‡]
 School of Electrical Engineering Kookmin University,[†] School of Electrical and Electronics Engineering, Chung Ang University,[‡]

Abstract - 본 논문에서는 접지면에 형성된 디펙트를 갖는 전송선로 구조인 DGS 등가회로도의 식각된 접지면에 바랙터 다이오드를 집합시켜, 그 영향을 살펴 보았다. 제시된 DGS는 아령 모양의 디펙트로 하였으며, 칩 형태의 집중소자인 인덕터와 캐패시터로 바이어스 회로를 구현하였다. 바랙터 다이오드의 DC 전압 인가에 따른 C값의 변화를 통해서 전송선로의 임피던스를 변화 시켰다. 이에 따른, 가변 전송선로의 파라미터를 추출하고, 구조 및 특성에 관하여 연구하였다.

1. 서 론

최근에 밀리미터파 대역용 재료의 개발과 회로 제조용 MMIC(microwave monolithic integrated circuit) 및 MEMS(micro electro mechanical systems) 기술의 발달에 힘입어, 무선통신 시스템에 효과적으로 활용될 수 있고, 또한 새로운 기능, 새로운 구조 및 소형 경량화가 가능한 고주파 회로를 설계할 수 있는 새로운 기능성 전송선로의 형태와 그 응용 분야에 대하여 관심이 집중 되고 있다.⁽¹⁾⁻⁽³⁾ 이런 이유로 현재 국내·외적으로 다양한 형태의 PBG(Photonic Bandgap)나 DGS(Defected Ground Structure) 구조 같은 새로운 형태의 전송선로 구조와 그 응용에 대한 활발한 연구가 진행 되고 있다. DGS 구조는 PBG 구조와 유사하게 평면형 전송선로의 접지면에 식각된 결함구조를 갖는 구조로서, 주기적 결함 배열을 갖는 PBG 구조에서 나타나는 특정 주파수 대역의 저지 특성을 특정 주기적 결함 배열이 없이도 저지대역 특성을 갖는 장점이 있다. 특히 DGS 구조는 칩 저항, 인덕터, 그리고 캐패시터와 같은 집중 정수소자와 용이하게 결합되는 특징을 갖는다. 이러한 특성과 함께 DGS 구조는 다양한 RF/Microwave에 활용 되어지고 있다. 주기적인 PBG구조는 전파지연 특성과 특정주파수 대역에서 저지대역을 형성하는 특성을 나타낸다. 이러한 특성들은 실험적 결과에 의해 안테나의 이득 향상과 복사 패턴 개선, 전력증폭기에서의 하모닉 제거등 다양하게 응용되면서 PBG 구조의 유용성이 입증되고 있다. 그러나 주기적인 PBG구조의 모델링이 이루어지지 않아 아직 소자에 대한 응용에 많은 어려움을 겪고 있다. DGS는 구조에 대한 모델링과 등가회로 파라미터의 추출 방법에 대한 연구가 선행 되었다. 본 연구에서는 단일 DGS 구조에 대한 등가회로에 바랙터 다이오드를 사용하여, DC 전압 인가에 따른 C값의 변화를 통해서, 전송선로의 임피던스를 조절하는 가변 전송선로 구조 및 특성에 관하여 연구하였다.

2. 본 론

2.1 DGS의 전기적 특성

DGS와 같이 전송선로의 접지면 일부를 식각한 구조는 선로의 인덕턴스성분을 증가시키는 효과가 있게 되고, 일반적인 마이크로스트립 전송선로와 같은 특성 임피던스 값을 유지하기 위해서는 전송선로의 폭이 넓어져야 한다. 따라서 결함의 크기와 모양, 수를 변화시킴으로써 전송선로의 임피던스가 조절이 가능하여 고유전율, 높은 임피던스의 전송선로의 구현이 가능하게 된다. 또한 같은 폭의 선로에 DGS를 적용하면 유효 유전율이 마이크로스트립 선로보다 상대적으로 커짐으로써 관심 주파수에서 선로의 길이는 더 짧아지게 할 수 있는 효과가 있다. 이런 특징으로 DGS를 적용한 전송선로는 회로의 소형 및 경량화에 장점이 있는 구조이다. 위에서 언급한 바와 같이 전송선로의 접지면에 구현된 DGS는 유효 인덕턴스를 증가시켜 전송선로의 특성 임피던스를 증가시킨다. 즉, 동일한 선로 폭에 대하여 특성 임피던스를 증가가 되는데 이는 등가적으로 유효 인덕턴스 성분이 증가되어 나타나는 결과이다. 그림 2.1은 DGS의 선로 특성 임피던스를 추출하기 위하여 제시된 본 논문에서 제안한 DGS의 도면이다. 그림 2.2는 제시된 DGS 구조의 전자장 시뮬레이션 결과 파형이다.^{(4),(5)} DGS의 선로 특성 임피던스와 전기적 길이의 추출은 시뮬레이션 결과 그래프를 이용하여 일반적인 전송선로 이론을 적용하여 구할 수 있다.

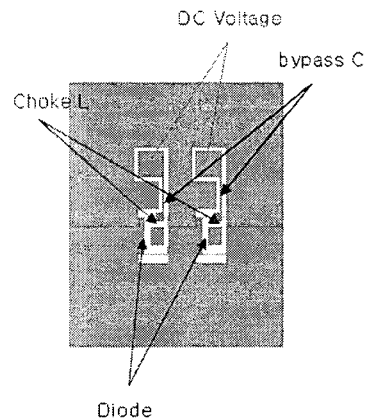


그림 2.1 DGS 구조를 이용한 가변 전송선로

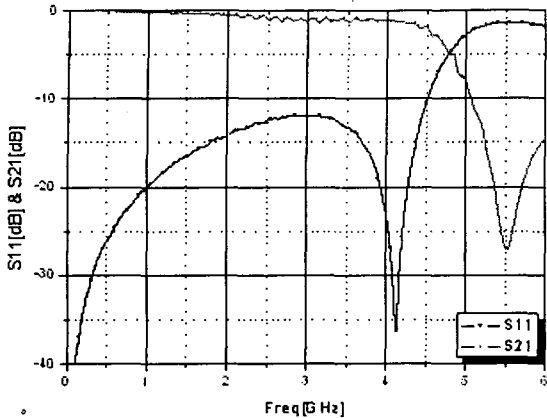


그림 2.2 DGS 구조를 이용한 가변 전송선로의 주파수 응답특성

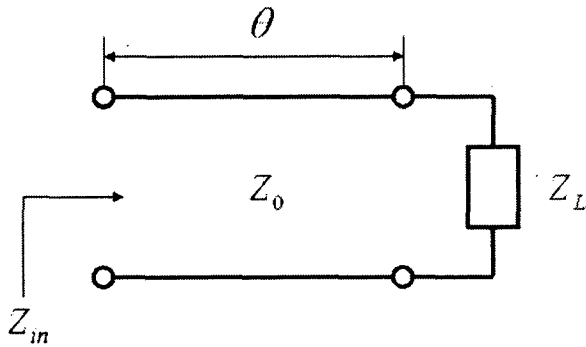


그림 2.3 DGS의 특성 임피던스 추출을 위한 전송선로 모델

그림 2.2와 같이 결과 그래프를 갖는 DGS의 특성 임피던스와 전기적 길이를 구하기 위하여 그림 2.3과 같이 DGS 선로를 일반적인 전송선로 모델을 구성하여 DGS의 특성 임피던스를 추출할 수 있다. 따라서 DGS의 선로를 바라본 입력 임피던스 Z_{in} 은 식 (2.1.1)과 같다.

$$Z_{in} = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \tan \theta}{Z_0 + jZ_L \tan \theta} \quad (2.1.1)$$

$$S_{11} = 20 \log |\Gamma| \quad (2.1.2)$$

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2.1.3)$$

위의 식에서 Z_L 는 출력 종단 임피던스이며 50Ω 로 설정하였다. 식 (2.1.1)에서 θ 가 $\pi/2$ 일 때 최대 입력 임피던스를 갖고, θ 가 π 일 때 최소 입력 임피던스를 갖는다. 그림 2.4의 전자장 시뮬레이션을 통한 S-파라미터 특성 그래프에서 3GHz 근방의 S11이

첫 번째 최대점을 가지므로 이 주파수에서 전기적 길이가 $\pi/2$ 가 되며, 그 다음의 S11이 최소가 되는 주파수에서 전기적 길이가 π 임을 알 수 있다. 따라서 최대 입력 임피던스를 갖는 주파수에서의 S11 값인 -12.5dB 를 식 (2.1.2)에 대입하여 반사 계수의 크기를 구하고 이 값을 식 (2.1.3)에 대입하면 DGS 선로의 입력 임피던스를 구할 수 있다. 특성 임피던스 θ 가 $\pi/2$ 일 때 식 (2.1.3)을 식 (2.1.4)에 대입하면 제시된 DGS 전송선로의 특성 임피던스를 구할 수 있다.

$$Z_o = \sqrt{Z_{in} Z_L} \quad (2.1.4)$$

위의 방법을 사용하여 그림 2.3에 제시된 DGS의 전송선로의 특성 임피던스가 63.66Ω 을 갖고 있음을 위 식의 계산을 통해서 알 수 있다.

2.2 능동소자 실장이 가능한 DGS의 구조

바랙터 다이오드와 같은 능동 소자를 실장하기 위해서는 기본적으로 DGS의 형태를 수정해야 한다. 그림 2.1의 제안된 구조와 같이 바랙터 다이오드를 실장하기 위해서는 전원 인가를 위하여 바닥면 선로가 DC 적으로 격리된 구조로 설계 되어야 하며, 또한 바이어스를 주기 위한 선로가 첨가 되어야 한다. 제안된 DGS의 단일 등가 회로도 보면, 그림 2.4와 같다. DGS의 기본 구조는 특성 임피던스와 위상각을 갖는 평형, 선로, 불평형-평형 선로 임피던스 트랜스포머, 그리고 불연속에 대한 영향을 고려한 인덕턴스, 커패시턴스 성분으로 구성되며, 이와같은 파라미터 성분들을 이용하여 그림 2.4와 같은 등가 회로를 제안하였다.

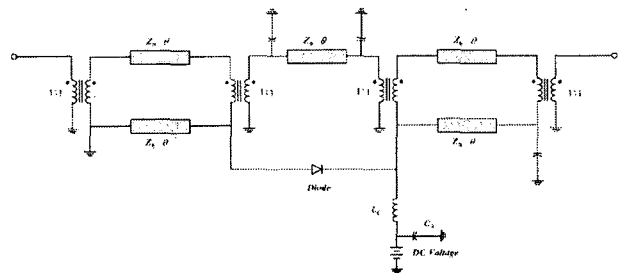


그림 2.4 DGS 구조를 이용한 가변 전송선로의 단일 등가 회로

DGS의 식각된 그라운드면에 위치한 제어소자인 바랙터 다이오드의 C값의 변화에 따라서 전송선로의 임피던스를 변화시킬 수 있다. 본 논문에서 사용된 바랙터 다이오드는 도시바사의 JDV2S01E를 사용하였고, 그림 2.5는 2.14GHz에서 측정된 다이오드의 전압인가에 따른 커패시턴스의 변화 특성이다. 또한 바랙터 다이오드에 DC 전압을 인가 시키기 위해서 RF Choke L 과 Bypass C를 달아주어 전압 인가 시키는 부분을 RF적으로 open으로 보이게 해서 회로에 영향을 안 미치게끔 하였다.

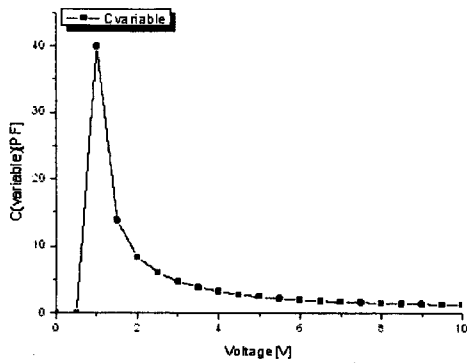
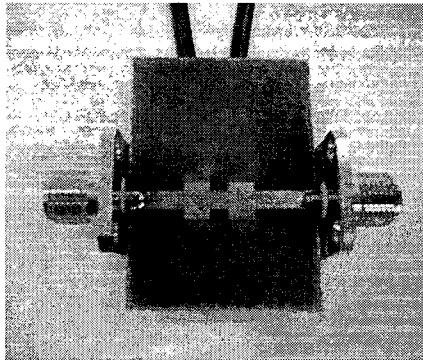


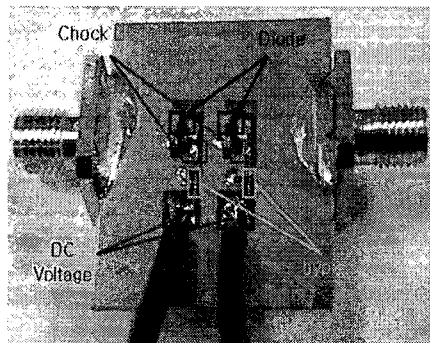
그림 2.5 DC 전압인가에 따른 바랙터 다이오드의 C값 변화

2.3 제작 및 측정결과

그림 6은 실제 제작된 DGS구조를 이용한 가변 전송선로이다. 측정 기판은 유전율 4.8, 두께 1.2mm인 FR-4을 사용하였다. 전송선로의 폭은 특성임피던스 50Ω인 2.1mm로 하였다. 그림 2.6의 (b)에서와 같이 DGS의 접지면의 식각된 부분에 바랙터 다이오드를 실장하고, 바랙터 다이오드에 DC 전원을 인가하기 위하여 RF Choke L과 Bypass C를 이용하여 바이어스 라인을 구현 하였다. 전원이 0V~10V 까지 변화를 주었을때 그림 2.7에서 보시는 바와 같이 5dB의 리턴이 변화 함을 알 수 있었다. 이를 임피던스로 보면 약 7Ω이 변함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 2.6 제작된 DGS 구조를 이용한 가변 전송선로

3. 결 론

본 논문에서는 접지면에 형성된 디펙트를 갖는 전송선로 구조인 DGS 등가회로도의 접지면에 바랙터 다이오드를 접합시켜, 그 영향을 살펴 보았다. 바랙터 다이오드의 DC 전압 인가에 따른 C값의 변화를 통해서 전송선로의 임피던스를 변화 시켰다. 이에 따라, 전송 선로의 임피던스가 변화 함을 실험 결과를 통해 알 수 있었다. 위의 실험 결과들은 안테나 단에서의 ASK변조등에 응용 될수 있으리라 기대된다.

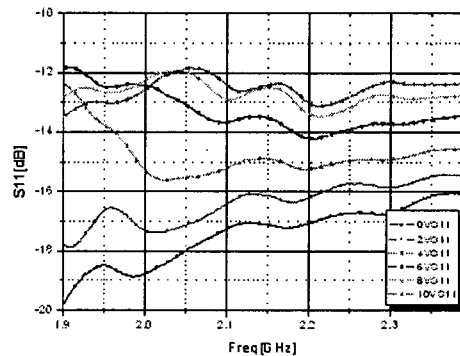


그림 2.7 DGS 구조를 이용한 가변 전송선로 측정 결과

[참 고 문 헌]

- [1] Y. Qian, V. Radisic, and T. Itoh, "Simulation and experiment of Photonic bandgap structures for microstrip circuits," *APMC'97 Proc., Hong Kong*, pp. 585-588 Dec. 1997
- [2] J. S. Park, J. H. Kim, J. H. Lee, S. H. Kim, and S. H. Myung, "A Novel Equivalent Circuit and Modeling Method for Defected Ground Structure and Its Application to Optimization of a DGS Lowpass Filter", *IEEE MTT-s Digest*, pp. 417-420, 2002
- [3] C. S. Kim, J. S. Lim, S. W. Nam, K. Y. Kang, J. I. Park, G. Y. Kim, and D. Ahn, "The Equivalent Circuit Modeling of Defected Ground Structure with Spiral Shape", *IEEE MTT-s Digest*, pp 2125-2128, 2002
- [4] D Ahn, J. S. Park, C. S. Kim, J. N. Kim, Y. Qian, and T. Itoh, "A Design of the Low-Pass Filter Using the Novel microstrip Defected Ground Structure" *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 49, pp. 86-93, Jan. 2001
- [5] J. S. Yun, G. Y. Kim, J. S. Park, D. Ahn, K. Y. Kang, and J. B. Lim, "A Design of the novel coupled line bandpass filter using defected ground structure", *IEEE MTT-s Digest*, pp. 327-330, 2000