

## DGS 구조를 이용한 WLAN용 스위치 구조 연구

안가람<sup>\*</sup>, 박준석<sup>\*</sup>, 김형석<sup>\*\*</sup>, 조홍구<sup>\*</sup>  
 국민대학교 전자공학부<sup>\*</sup>, 중앙대학교 전자 전기 공학부<sup>\*\*</sup>

### A Study of WLAN Switch Stucture using DGS

Ka-Ram An, Jun-Seok Park, Hyung-Seok Kim, Hong-Goo Cho  
 Shool of Electrical Engineering, Kookmin Univ, School of Electrical and Electronics Engineering<sup>\*\*</sup>

**Abstract** - A double-pole double through switch with defected ground structure(DGS) is proposed. The equivalent circuit for the proposed switch structure is derived based on equivalent circuit of newly proposed DGS unit structure. The equivalent parameters of DGS unit are extracted by using the circuit analysis method. The on/off operation of the proposed switch is obtained by varying the capacitance in the ground metallic plane. The experimental results show excellent insertion loss characteristic at on state and isolation characteristic at off state.

## 1. 서 론

최근 접지면에 식각된 패턴을 주기적으로 배열 한 PBG(Photonic Band Gap) 구조가 마이크로파와 밀리미터파 대역에서의 소자 응용을 위해 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>(1)-(3)</sup> 또한 접지면에 식각된 패턴의 주기적인 배열 없이 단지 하나 또는 몇 개의 결함(Defect)으로 이루어진 구조인 DGS(Defected Ground Structure)를 이용한 위상 변환기, 필터, 전력분배기 등의 소자응용도 연구 되어지고 있다.<sup>(4)-(6)</sup>

본 논문에서는 DGS를 이용한 WLAN용 스위치를 연구하였다. 일반적으로 전기적(Electrical) 스위치들은 스위치를 구성하는 주 전송선로에 다이오드와 같은 전기적 소자를 직접 삽입함으로써 구성되고, 이러한 전기적 스위치들은 작은 치수와 시스템을 구성하는 다양한 부품과의 회로적 결합의 용이성으로 인하여 무선 통신 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. 그러나 이러한 반도체 소자를 이용한 스위치들은 높은 삽입 손실과 낮은 전력비의 문제점을 갖는 단점이 있다. 삽입손실 특성과 전력비를 개선하기 위해 흔히 기계적인 스위치들이 사용되어지나, 이러한 구조 역시 비교적 긴 스위칭 시간을 요구하는 단점이 있다. 본 논문에서는 낮은 삽입손실 구현과 전력비 개선을 위해 DGS를 이용한 스위치 구조를 제안 하였다. 제안된 스위치의 동작특성의 설명과 설계를 위하여 단위 DGS 구조를 EM 시뮬레이션하고, 다시 전체적인 DGS 구조를 EM 시뮬레이션 하였다. 제어소자로서 varactor 다이오드를 DGS에 위치시키고, 격리도를 개선하기 위하여 signal 선로를 Low-Pass Filter 형식으로 변형하였다. 수신과 송신을 시 분할 방식으로 사용되는 DPDT(Double Pole Double Through) 스위치를 구현 하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 단위 DGS 구조

그림 1은 본 논문에서 스위치 구현을 위하여 접지면에 식각된 단위 DGS 구조의 모양을 나타냈다.

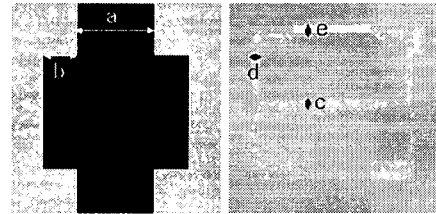


그림 1. 제안된 단위 DGS의 윗면(왼)과 접지면(오)

그림1에서 왼쪽 그림의 가운데 패턴은 마이크로 스트립 전송선로이며 선로의 폭은 특성 임피던스 50Ω을 갖는 4.42mm로 구현하였고, 오른쪽 접지면을 식각한 구조이다. 제작에 사용된 그림 1의 변수 a, b, c, d, e는 각각 4.42mm, 2.5mm, 0.6mm, 0.5mm, 0.4mm로 하였다. 기판은 유전상수가 2.5이고 두께는 62mil인 Neltec사의 N9250을 사용하였다. 격리도의 개선을 위하여 2개의 DGS 셀을 종속 연결하였다. 각각의 DGS 구조 사이의 간격은 2mm 이다. 2단으로 사용한 DGS구조는 Ansoft HFSS v8.0으로 시뮬레이션을 하여 3.36GHz에서 3dB 차단 주파수 특성을 나타낸다. DGS 셀에 위치한 제어소자인 다이오드의 커패시턴스에 따라 공진 주파수가 이동한다. 공진주파수의 이동은 통과대역의 변화를 의미하고 특정 주파수 대역에서의 스위치의 on/off 특성을 얻을 수 있음을 나타낸다. 따라서 varactor 다이오드의 커패시턴스 변화를 통하여 특정 주파수 대역에서의 스위치 특성을 구현할 수 있다.<sup>(7)</sup> 제시한 DGS 구조에서 varactor 다이오드의 변화에 의해 스위치 특성을 얻기 위해서는 그림 1의 변수 e 부분에 커패시터를 놓아야 한다. 본 논문에서는 1608 크기의 3.9pF 칩 커패시턴스를 달아 주었다.

### 2.2 스위치의 on/off 조건

본 논문에서 제시한 단위 DGS 스위치의 등가회로를 그림 2와 같이 전송선로와 DGS 등가회로의 종속 연결로 나타낼 수 있다.

스위치 등가회로의 전체 ABCD 파라미터를 유도하여 DGS 스위치의 동작특성을 설명한다.

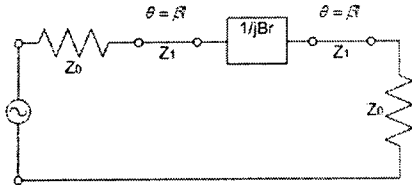


그림 2. 스위치의 등가회로

전체 ABCD-파라미터는 식(1)과 같이 전송선로와 DGS 등가회로의 ABCD 행렬의 곱으로부터 얻을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \cos\beta l & jZ_1 \sin\beta l \\ \frac{j\sin\beta l}{Z_1} & \cos\beta l \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & jB_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\beta l & jZ_1 \sin\beta l \\ \frac{j\sin\beta l}{Z_1} & \cos\beta l \end{bmatrix} \quad (1)$$

식 (1)에서 Br은 병렬 LC 공진회로의 서셉턴스 값이고 Z1은 마이크로스트립 전송선로의 특성 임피던스이다. 식(1)로부터 S11은 변환 식에 의해 쉽게 구할 수 있고 분모는 실수부와 허수부로 이루어져 있다.

$$S_{21} = 2(A + BZ_0 + CZ_0 + D) \\ = 2 \left[ 2\cos 2\beta l + \frac{\sin 2\beta l}{Z_1 B_r} + jX \right] \quad (2)$$

여기서

$$X = \left( \frac{Z_1}{Z_0} + \frac{Z_0}{Z_1} \right) \sin 2\beta l - 0.5 \left( \frac{Z_0}{Z_1^2 B_r} + \frac{1}{Z_0 B_r} \right) \cos 2\beta l \\ + 0.5 \left( \frac{Z_0}{Z_1^2 B_r} - \frac{1}{Z_0 B_r} \right) \quad (3)$$

이고, 여기서 Z0은 부하 임피던스이다. 스위치가 on 상태이면 S21의 크기는 1 그리고 스위치가 off 상태이면 0으로 가정할 수 있다.

### 2.3 스위치의 설계와 측정 결과

제안한 DGS를 이용한 스위치 구조의 타당성을 보이기 위해 2개 DGS 셀을 종속 연결하고 송신과 수신을 시분할 방식으로 할 수 있는 DPDT 스위치를 설계하였다. DGS 셀에 삽입하게 될 varactor 다이오드의 중심주파수에서 전압에 따른 커패시턴스를 알아야 한다. 본 논문에서 사용한 varactor 다이오드는 Toshiba사의 JDV2S01E를 사용하였고, 표1은 2.45GHz에서 측정된 다이오드의 전압에 따른 커패시턴스의 특성이다.

표 1. 전압에 따른 바랙터 다이오드의 커패시턴스(@2.45GHz)

전압	C값의 변화	전압	C값의 변화
1V	40pF	5V	2.49pF
1.5V	13.8pF	6V	1.99pF
2V	8.35pF	7V	1.72pF
3V	4.71pF	8V	1.52pF
4V	3.28pF	9V	1.39pF

그림3은 중심 주파수가 2.45GHz인 스위치의 on/off 동작 상태를 나타내는 시뮬레이션 결과이다. 2.35GHz에서 2.55GHz까지의 통과대역을 나타내었다. 그림 4는 제작된 DGS 스위치를 나타낸다. 스위치의 제어소자인 varactor 다이오드는 전송선로 바로 아래 부분의 DGS 상에 위치하고, 이 부분은 접지면에서 전계 밀도가 가장 강한 부분이 된다. 스위치 특성을 얻기 위하여 3.9pF를 달아 주었고, 다이오드의 음극에 역전압을 인가할 때 전압을 인가하기 위한 전선의 길이의 영향을 피하기 위하여 12nH(15fH @2.45GHz)을 달아 주고 그 뒤에 전압을 인가해줄 선을 달았다.

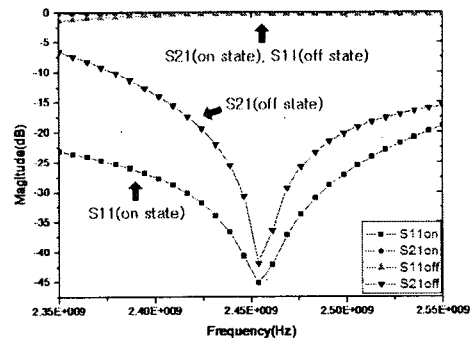


그림 3. 스위치의 on/off 동작 시뮬레이션 특성

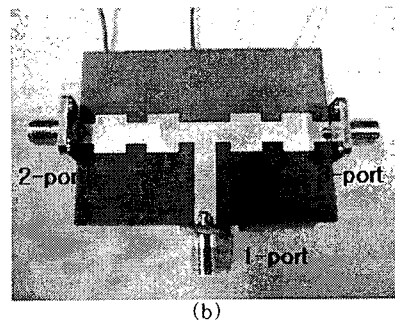
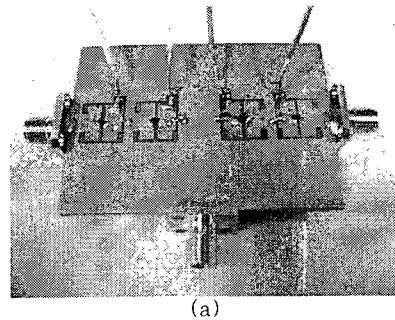


그림 4. 제작된 DGS 이용한 스위치 (a) 접지면 (b) 앞면

그림 5는 제작된 DGS 스위치의 1-port와 2-port 사이의 on/off 상태를 측정된 결과를 나타낸다. 중심주파수 2.45GHz에 -2.28dB의 on상태 삽입손실을 나타내었고, off 상태에서는 -22.44dB의 격리특성을 나타내었다.

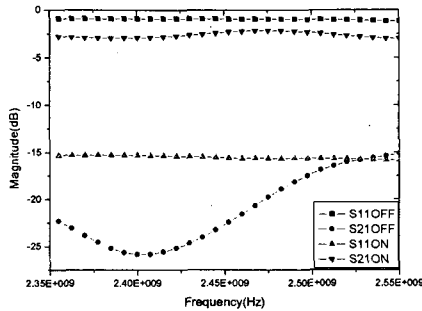


그림 5. 1-port 와 2-port 간의 스위치 측정 결과

그림 6는 제작된 DGS 스위치의 1-port와 3-port 사이의 on/off 상태를 측정된 결과를 나타낸다. 중심주파수 2.45GHz에서 -3.17dB의 on상태 삽입손실을 나타내었고, off 상태에서는 -21.2dB의 격리특성을 나타내었다. 실험 결과는 2.45GHz에서 스위치의 on/off 동작 상태를 얻을 수 있었다.

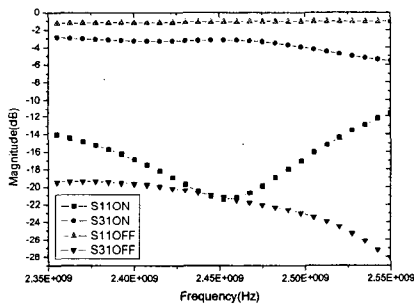


그림 6. 1-port 와 3-port 간의 스위치 측정 결과

그림 7는 제작된 DGS 스위치의 2-port와 3-port 사이의 on/off 상태를 측정된 결과를 나타낸다. 중심주파수 2.45GHz에서 -39.8dB의 격리특성을 나타낸다. 2-port 와 3-port 간의 격리도가 높으므로 시 분할로 통신 할 때 서로 간섭을 일으키지 않는다.

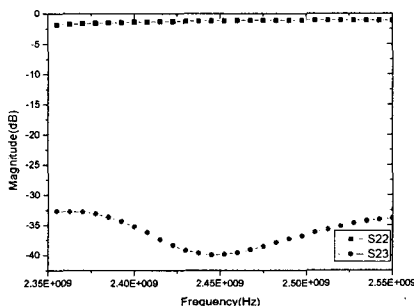


그림 7. 2-port 와 3-port 간의 격리특성

### 3. 결 론

본 논문에서는 DGS(Defected Ground Structure)의 저지대역 특성을 이용한 DPDT 스위치를 제안하였다. 2개의 DGS 구조를 종속 연결하고 송신과 수신을 동시에 할 수 있는 구조로 T 자형을 제안하였다. 송신과 수신은 전압을 시분할로 조절함으로써 동시에 통신을 할 수 있도록 하였다. 이 구조는 제어소자가 기존의 주 전송선로에 위치한 구조와 달리 접지면에 위치한 DGS 구조에 제어소자가 위치하기 때문에 스위칭 시간은 그대로 유지하면서 삽입손실이 감소되고 전력비를 높일 수 있을 것으로 기대되고, 또한 다양한 MMIC 회로에도 적용될 수 있으리라 기대 된다. 향후 ON 상태 삽입손실과 OFF 상태 격리 특성을 더욱 개선하고 등가회로 구현을 해야 될 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Y. Qian, F. R. Yang, T. Itoh, "Characteristics of microstrip lines on a uniplanar compact PBG ground plane", APMC'98 Dig., pp. 589-592, Dec 1998
- [2] V. Radisic, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "Novel 2-D photonic bandgap structure for microstrip lines." IEEE Microwave Guide Wave Lett., Vol.8, No2, pp. 69-71, Feb. 1998
- [3] M. P. Kesler, J. G. Maloney, and B. L. Shirley, "Antenna design with the use of photonic bandgap material as all dielectric planar reflectors." Microwave Opt. Tech Lett, Vol. 11, No.4, pp. 169-174, Mar. 1996
- [4] V. Radisic, Y. Qian, R. Coccioli, and T. Itoh, "Novel 2-D photonic bandgap structure for microstrip lines." IEEE Microwave Guide Wave Lett., Vol.8, No2, pp. 69-71, Feb. 1998
- [5] 김철수, 박준석, 안 달, 김근영, "Slow-wave 특성을 이용한 3dB 전력 분배기 설계", 한국전자과학회 논문지 제10권 제5호, pp. 694-700, 1999
- [6] J. I. Park, C. S. Kim, J. S. Park, Y. Qian, D. Ahn, and T. Itoh, "Modeling of Photonic bandgap and its application for the low-pass filter design", APMC'99, Dig., Vol 2, pp. 331-334, Nov. 1999.
- [7] 이성원, 윤준식, 안 훈, 박규호, 강병권, 박준석, 안달, "DGS(Defected Ground Structure)를 이용한 RF 스위치 설계", 춘계 마이크로파 및 전파학술대회 논문집 Vol23, No.1, pp. 251-254, May. 2000
- [8] 임봉식, 김철수, 정용채, 안달, 남상욱, "DGS를 이용한 저역통과여파기의 설계", 춘계 마이크로파 및 전파통신 학술대회 논문집 Vol 26, No.1, pp. 427-430, May. 2003