

고유전율 유전체를 이용한 CPW 급전 안테나의 설계

Design of CPW fed antenna using high dielectric constant materials

심성훈*, 강종윤*, 윤석진*, 윤영중**, 김현재*

(S. H. SIM*, C. Y. KANG*, S. J. YOON*, Y. J. YOON** and H. J. KIM*)

Abstract

In this paper, coplanar waveguide fed antennas (CPWFAs) inseting two slits to boundary of the square microstrip patch are presented. These slits play roles in not only lowering a resonant frequency but also fine-tuning for the proposed antenna together with open stub of CPW feed line. The CPWFAs were designed and manufactured using microwave dielectrics (Al,Mg)TaO₂ having high dielectric-constant ($\epsilon_r=20$). The return loss and input impedance of the CPWFAs were investigated in terms of the slit length and open stub length of CPW feed line. It is shown that a resonant frequency decreases as the slit length increases.

Key Words : coplanar waveguide fed antenna (CPWFA), slit, high dielectric-constant, open stub

1. 서 론

마이크로스트립 안테나는 소형, 경량, low profile, 그리고 낮은 제작 비용의 장점을 가지고 있기 때문에 다양한 통신 시스템 응용에 주목을 받아 왔다. 최근 무선 통신 시장에서 RF 시스템의 소형화에 대한 요구가 급증함에 따라 소형 안테나에 대한 개발이 큰 주목을 받고 있으며, 이에 다양한 소형 안테나에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. ; (i) 고유전율 유전체 안테나[1], (ii) shorting pin 안테

나[2], (iii) 역 F안테나[3], meander 패치 안테나[4].

또한, 안테나의 소형화를 위해 안테나의 급전 구조에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는데, CPW (coplanar waveguide) 급전 구조는 기존의 마이크로스트립 급전 구조에 비해 기판의 두께를 두껍게 인식하여 안테나 크기를 줄일 수 있고, 대역폭 증가 및 임피던스 매칭이 용이하며, 능동 소자와의 집적화가 쉽고, via hole 없이 기판의 한 면에서 직·병렬 연결이 가능한 장점 등에 의해 최근 활발한 연구가 이루어지고 있다.[5][6]

개구면 결합 마이크로스트립 안테나와 유사한 결합 구조를 갖는 CPW 급전 안테나는 다양한 결합 슬롯-capacitively 및 inductively 결합 슬롯, 개방 스텐브, 슬롯 링, 슬롯 루프[7]-을 통해 급전선에서 방사 패치로 전자기적 결합을 이룬다. 본 연구에서는 고유전율 유전체 (Al,Mg)TaO₂ ($\epsilon_r=20$)를 이용하여 개방 스텐브에 의한 소형 CPW 급전 안테나를 설계, 제작하여 그 특성을 관찰하였다.

* 한국과학기술연구원 박막기술연구센터
(서울특별시 성북구 하월곡동 39-1)
Fax : 02-958-6722
E-mail : sim74@kist.re.kr

** 연세대학교 전기전자공학과
(서울특별시 서대문구 신촌동)
Fax : 02-2120-2876
Email : yjyoon@yonsei.ac.kr

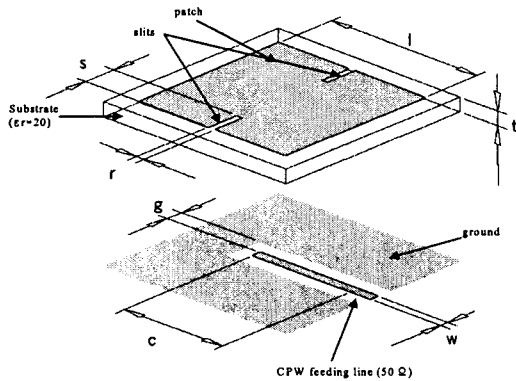


그림 1. CPW 급전 안테나의 구조
($l = 20 \text{ mm}$, $t = 2 \text{ mm}$, $w = 1 \text{ mm}$, $g = 2 \text{ mm}$, $r = 1 \text{ mm}$)

2. CPW 급전 안테나 설계

본 연구에서는 CPW 급전 안테나의 소형화를 위해 그림 1과 같이 패치 반대면에 CPW 급전선을 구현하고, 임피던스 정합이 쉽고 구조가 간단한 개방 스테르브에 의해 급전선과 방사패치의 전자기적 결합을 이루도록 하였다. 안테나 패치의 크기는 $1/\sqrt{\epsilon_r}$ 에 비례하므로 본 연구에서는 두께 2 mm, $\epsilon_r = 20$ 인 고유전율 유전체 (Al,Mg)TaO₂를 이용하여 설계하고자 하는 1.5 GHz대 CPW 급전 안테나의 패치 크기를 $20 \times 20 \text{ mm}^2$ 로 설계하였다. 또한, CPW 급전선은 스트립 폭(w) 1 mm, 스트립과 접지면 사이의 간격(g) 2 mm의 특성 임피던스 50Ω으로 설계하였다. 그림 2는 그림 1에 보여준 CPW 급전 안테나의 등가 회로를 나타낸 것이다. CPW 급전선에서의 C, L값에 의한 리액턴스 값을 다음 식 (1), (2)과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_c = -j Z_b \cot\left(\frac{\pi}{2 f_0}\right) \quad (1)$$

$$X_L = -j Z_a \tan\left(\frac{\pi}{2 f_0}\right) \quad (2)$$

(Z_a : CPW에서 slot 방향으로 본 특성 임피던스,
 Z_b : slot에서 CPW 방향으로 본 특성 임피던스,
 f_0 : 안테나의 동작 주파수)

패치 내 슬릿이 없는 경우 CPW 급전선의 개방 스테르브 길이 l 은 $\lambda_g/4$ 가 되며, 안테나의 소형화를 위해 안테나의 패치 내에 슬릿을 삽입한 경우, 이로 인한 inductive 결합이 증가하므로 안테나의 중심

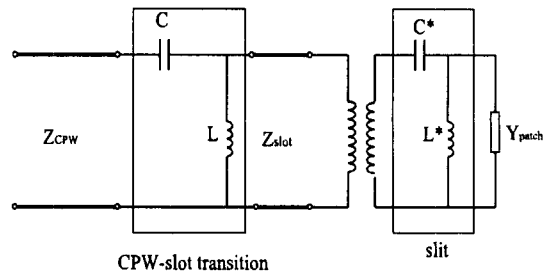


그림 2. CPW 급전 안테나의 등가 회로

주파수가 저주파대로 이동하게 되며, 더불어 CPW 급전선의 개방 스테르브 길이는 임피던스 매칭을 위해 $\lambda_g/4$ 보다 다소 증가하여야 한다. 이와 동시에 CPW 급전 구조의 개방 스테르브는 임피던스 매칭을 위한 훌륭한 튜닝 소자의 역할을 하며, 또한 CPW 전송 선로 상의 신호 손실을 줄이기 위해서는 CPW 우모드 신호 전파를 억제하여야 하는데, 이를 위해 대칭 구조를 갖도록 안테나를 설계하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 3D 구조 시뮬레이터인 HP HFSS 5.5(High Frequency Structure Simulator)를 이용하여 CPW 급전 안테나 구조를 설계하였고, 두께 2 mm, $\epsilon_r = 20$ 인 고유전율 유전체 (Al,Mg)TaO₂를 기판으로 사용하였다. 스크린 프린팅법을 이용하여 패치 및 CPW 급전선, 그리고 접지면 전극을 구현하였다.

그림 3은 슬릿이 없는 패치 안테나의 CPW 급전선 길이 변화에 따른 S₁₁ 시뮬레이션 결과를 나타낸 것으로, CPW 급전선 길이 $c = 11.2 \text{ mm}$ ($\lambda_g/4$) 인 경우, 임피던스 매칭이 이루어졌으며, 개방 스테르브

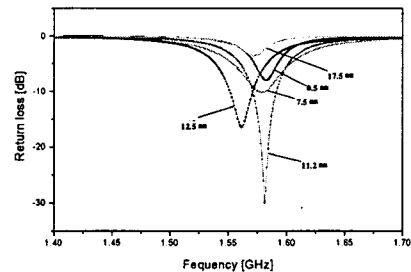


그림 3. CPW 급전선의 변화에 따른 S₁₁의 시뮬레이션 결과 ($s = 0 \text{ mm}$)

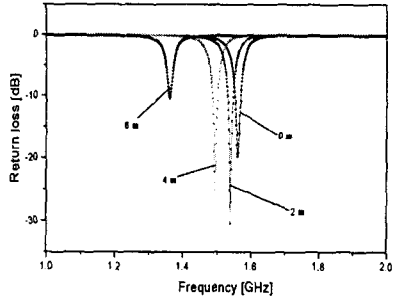


그림 4. 슬릿 길이의 변화에 따른 S_{11} 의 시뮬레이션 결과 ($c=15\text{mm}$)

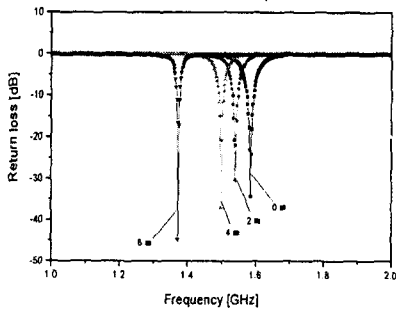


그림 5. 슬릿 길이의 변화에 따른 S_{11} 의 시뮬레이션 결과 (임피던스 매칭)

길이 c 가 변하면 S_{11} 의 크기에만 변화가 있고, 중심 주파수는 경향성 있는 변화를 보이지 않았다. 그림 1과 같이 패치 내에 슬릿을 삽입하였을 경우에는 그림 4에서처럼 슬릿의 길이가 길어짐에 따라 inductive 결합이 증가하므로 중심 주파수가 저주파 대로 이동하였다.

그림 5와 6은 각각 슬릿의 길이(0, 2, 4, 6 mm)에 따라 임피던스 매칭을 한 각 안테나의 S_{11} 시뮬레이션 결과와 측정 결과이다. 또한, 표 1은 안테나를 임피던스 매칭한 경우 각 슬릿과 개방 스테브의 길이에 대한 S_{11} 의 시뮬레이션 및 측정 결과이다.

안테나의 패치 크기가 $20 \times 20 \text{ mm}^2$ 이고 슬릿이 없는 경우, 그 중심 주파수의 측정 결과는 1.642 GHz이었으며, 패치 내에 6mm의 슬릿이 삽입된 안테나는 그 중심 주파수가 1.376 GHz로 측정되었다. 이 중심 주파수를 갖기 위해서는 슬릿이 없는 경우 $23.9 \times 23.9 \text{ mm}^2$ 크기의 패치가 필요하므로, 패치 내 6mm의 슬릿이 삽입된 안테나는 슬릿이 없는 패치에 비

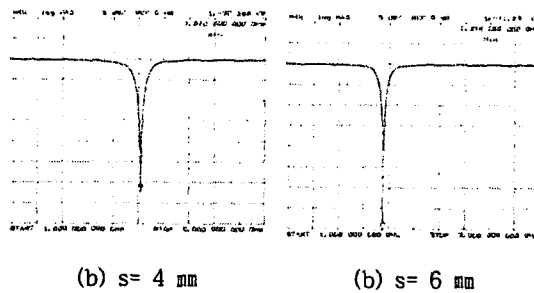
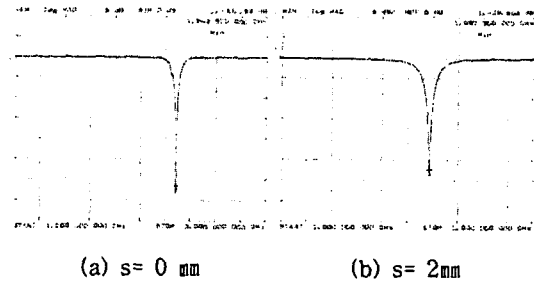


그림 6. 슬릿 길이의 변화에 따른 S_{11} 의 측정 결과 (임피던스 매칭)

표 1. 슬릿의 길이의 변화에 따른 안테나의 중심 주파수 (임피던스 매칭을 한 경우)

임피던스 매칭	$s=0$ $c=11.2$	$s=2$ $c=15$	$s=4$ $c=15.5$	$s=6$ $c=17.5$
(단위 : mm)	중심주파수 [GHz]			
시뮬레이션 결과	1.584	1.54	1.498	1.372
측정 결과	1.642	1.587	1.51	1.376
오차율(%)	3.53	2.96	0.8	0.3

해 16.3% 만큼 크기 감소 효과를 얻을 수 있었다. 안테나의 대역폭은 고유전율의 유전체를 사용함으로써 $VSWR < 2$ 일 때 중심 주파수에서 약 1% 미만의 값을 가졌다.

4. 결론

본 논문에서는 안테나의 소형화를 위해서 고유전율 마이크로파 유전체 (Al,MgTaO_2 , $\epsilon_r=20$)를 사용하여 CPW 급전 안테나를 설계하였다. 패치 반대

면에 CPW 급전 구조를 구현하고, 안테나 패치 내에 슬릿을 삽입함으로써 GPS용 안테나의 소형화를 이룰 수 있었다. 20×20 mm 크기의 패치 내에 6 mm 슬릿을 삽입함으로써 슬릿이 없는 안테나에 비해 16.3% 크기 감소 효과를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Joseph S. Colburn and Yahya Rahmat-Samii, "Patch Antennas on Externally Perforated High Dielectric Constant Substrates", *IEEE Trans. Antennas Propagat*, vol 47, NO. 12, pp 1785-1794, 1999
- [2] R. Chair, K. M. Luk and K. F. Lee, "Miniature multilayer shorted patch antenna", *Electron. Lett.* vol 36, NO. 1, pp 3-4, 2000
- [3] Zi Dong Liu, Peter S. Hall and David Wake, "Dual-Frequency Planar Inverted-F Antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat*, vol 45, NO. 10, pp 1451-1458, 1997
- [4] 최원규 · 이범선, "Meander line을 이용한 내장형 칩 안테나 설계", 한국통신학회 하계 종합학술대회 논문집, 2000
- [5] V. D. Hwang, T. Uwano, and T. Itoh, "Quasi-optical integrated front antenna and receiver front end", *IEEE Trans.*, MTT-36, pp.80-85, 1988
- [6] B. K. Kormanyos, W. Harokopus, L. P. B. Katehi, and G. M. Rebeiz, "CPW-fed active slot antennas", *IEEE Trans.*, MTT-42, pp.541-545, 1994
- [7] Laurent Giauffret, Jean-Marc Laheurte, and A. Papiernik, "Study of Various Shapes of the Coupling Slot in CPW-Fed Microstrip Antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat*, vol 45, NO. 4, pp 642-647, 1997