

# FDTD법을 이용한 CPW 급전형 슬롯안테나 해석

정회원 이수영\*, 문태정\*

## Analysis of CPW Slot Antenna using FDTD Method

Su Young Lee\*, Moon Tae Jung\* *Regular Members*

### 요 약

MMIC화되어지고 있는 초고주파회로에서 CPW급전선과 CPW급전형 슬롯안테나에 대한 필요성이 증대되어지고 있기 때문에 이론적 해석의 필요성도 증대되어지고 있다. 이러한 구조에 대해 유한차분시간영역법으로 해석한 후 이를 종전의 이론치와 비교하였다. 결과 유한차분시간영역법으로 구한 방사지향성이 192 Ω으로 이는 모멘트법에서 구한 160 Ω과 비교하여 20% 정도의 오차를 보였고 참고문헌의 내용을 이용하여 계산한 값 173 Ω과 비교하여 8.1%의 오차를 보였다.

### ABSTRACT

The need of theoretical analysis of CPW slot line and CPW feed slot antenna increments as their's are finding extensive applications in microwave integrated circuits.

We analyzed CPW's with FDTD Method and compared the results with theoretical results which is obtained another methods. As a result, CPW antenna's characteristics impedences were obtained 192 Ω by using FDTD method, 160 Ω by using Moment method, 173 Ω by using reference book's method.

### I. 서 론

C. P. Wen은 마이크로스트립 안테나에 대한 효율적인 급전방법으로 Coplanar Wave Guide(CPW)를 고안하였다[1]. 이 급전법은 밀리미터(Millimeter)과 등과 같은 고주파수대에 있어 종전의 마이크로스트립(Microstrip)선로보다 주파수분산과 전송손실이 적다는 장점이 있다. CPW급전형 슬롯안테나(CPW Feed Slot Antenna)는 평면구조로 되어 다이오드, FET등과 같은 장치에 직접 연결할 수 있기 때문에 HYBRID화와 MMIC(Monolithic Microwave/Millimeter wave Integrated Circuit)화가 용이하므로 CPW급전형 슬롯안테나의 정확한 해석에 대한 요구가 점점 증대하고 있으며 CPW급전선에 대한 연구도 계속 진행중에 있다.

이상적인 CPW구조는 무한한 두께의 유전체기판 위

에 형성된 것이지만 이는 이론적인 구조로 실제적으로는 존재하지 않는다. 일정 두께의 유전체기판 위에 형성된 CPW구조는 표면파 기본모드( $TE_0$ )의 차단주파수가 0 이므로 사용할 때 불필요한 모드가 발생할 가능성이 있다. 집지판이 부착된 CPW구조에서는 표면파뿐 아니라 누설파의 발생가능성이 있기 때문에 유전율이 다른 2층 기판을 사용하는 등의 특별한 조치가 필요하다. 또한 구조적인 누설파의 방지를 위해 반구형 렌즈를 부착한 구조도 있다[2].

본 논문에서는 소형화 경량화되어지는 초고주파회로에서 필요성이 점점 증대되는 CPW급전선과 CPW급전형 슬롯안테나의 구조를 유한차분시간영역법(Finite Difference Time Domain)을 이용하여 해석하고 이를 종전의 이론치와 비교하여 서로 잘 일치함을 보임으로써 CPW급전형 슬롯안테나의 설계시 유한차분시간

\* 경남정보대학 전자정보과(sglee@kit.ac.kr) 정회원  
논문번호: 98011-0909, 접수일자: 1998년 9월 9일

영역법의 유효성을 입증하였다. 한편 본 논문에서 해석 CPW의 구조는 무한한 두께를 가지는 유전체 위에 2개의 슬롯과 1개의 스트립라인을 가지는 구조이다.

## II. CPW급전형 슬롯안테나의 해석

그림 1은 본 논문에서 해석한 CPW급전선의 구조를 나타내고 있다. 그림 2는 유한차분시간영역법으로 CPW급전선을 해석하기 위해 사용한 여진방법을 표시한 것으로 CPW급전선 좌우 슬롯에 전계  $E_y$  성분을 같은 진폭, 역위상의 가우시안 펄스를 균일하게 여진시키는 방법을 택하였다. 또한 사용하는 유전체기판에 대해 여진펄스의 폭을 적절히 선택함으로써 불필요한 표면파의 발생 가능성을 배제하였다. z축 방향으로 진행하는 가우시안 펄스는 다음과 같다[3].

$$E(t, z) = \exp \left[ -\frac{(t - t_0 - \frac{z - z_0}{v})^2}{T^2} \right] \quad (1)$$

그림 3은 본 논문에서 해석한 CPW급전형 슬롯안테나의 구조와 치수를 표시하고 있다.

여기서, 유전체기판의 비유전율  $\epsilon_r$ 는 12.0, 두께는 무한대로 가정하였으며, 슬롯안테나의 길이  $L_s$ 는 27 mm, 안테나 슬롯의 폭  $W_s$ 는 0.5 mm, 급전용 CPW 선로의 중심도체폭  $S$ 는 1.0 mm, 양측 슬롯의 폭  $W$ 는 0.5 mm로 하였다. x, y, z 방향의 공간이산 간격을  $\Delta x = 0.2$  mm,  $\Delta y = 0.25$  mm,  $\Delta z = 0.3333$  mm로 하였고, CPW상공의 공기층을 40x, 해석영역의 전체 크기를  $80 \Delta x \times 140 \Delta y \times 100 \Delta z$ 로 하였다. 해석 구조에 대한 흡수경계조건은 Mur의 흡수경계조건을 이용하였으며 다음 식과 같다[4].

$$U_{1r}^{n+1} = U_{2r}^n + \frac{v_{pz} \Delta t - \Delta x}{v_{pz} \Delta t + \Delta x} (U_{2r}^{n+1} - U_{1r}^n) \quad (2)$$

여기서,  $v_{pz}$ 는 z방향의 위상속도이고,  $U_{1r}$ 는 경계면 (바깥 영역)에서의 전계의 접선성분이고,  $U_{2r}$ 는 경계면에서 계산 영역내의 한 절점 안쪽면에서의 전계의 접선성분을 나타낸다.

여진면은 "Front ABC"에서  $30 \Delta z$ , 파형의 관측점을  $40 \Delta z$  떨어진 지점을 선택하였다. 관측점에 대한 전압값은 CPW중심도체로부터 지도체사이의 전계성분  $E_y$ 를 수치적분하여 구했다.

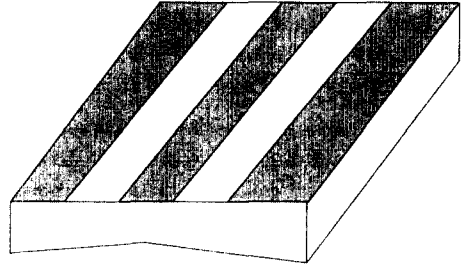


Fig. 1 Analyzed CPW structure.

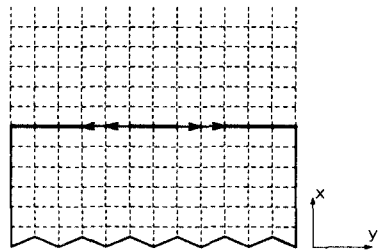


Fig. 2 Incident method.

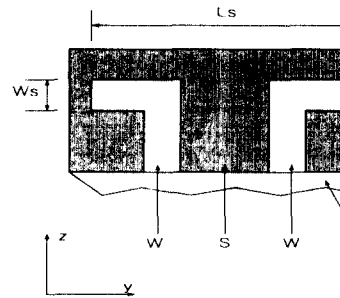


Fig. 3 CPW slot antenna.

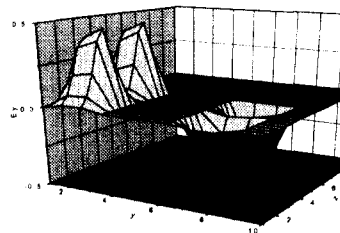


Fig. 4  $E_y$  Components in CPW slot.

그림 4는 CPW선로에서 시간스텝이 200일 때 전계

성분  $E_y$ 의 분포를 나타낸 것으로 양측 슬롯에 대한 전기장 성분  $E_y$ 의 위상은 서로 역위상임을 알 수 있고 아직 충분한 시간이 경과하지 않았기 때문에 서로 대칭인 파형중 한쪽은 z축을 따라 진행하는 파를 나타내며 다른쪽은 흡수면으로 진행하여 흡수되는 파를 나타내고 있다. 그림 5는 CPW선로에 대한 전압파형을 나타낸 것으로 시간스텝이 500 일 때는 경계조건이 불완전 때문에 흡수경계면의 전면에서 생기는 반사파를 나타내고 있으며 시간스텝이 1000 일 때는 흡수계면의 후방에서 생기는 반사파를 나타내고 있다. 그림 6은 관측점에서 기록된 입사전압과 반사전압이 합성된 파형을 보이고 있는데 이는 CPW급전선과 슬롯안테나의 임피던스 부정합에 의한 것이다.

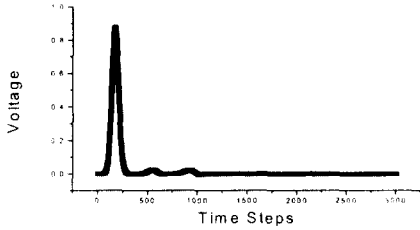


Fig. 5 Input Voltage Wave.

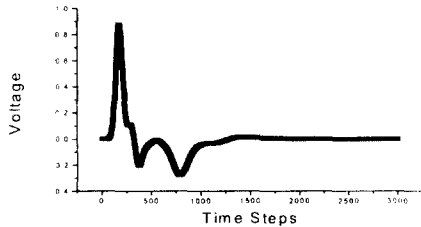


Fig. 6 Voltage Wave in Slot Antenna.

그림 7은 안테나의 특성을 나타내는 중요한 파라미터중 하나인 입력임피던스를 표시한 것으로 다음과 같이 계산하였다.

반사계수  $S_{11}$ 은

$$S_{11}(f) = \frac{\Im[V_{ref}(t)]}{\Im[V_{inc}(t)]} \quad (3)$$

이다.

여기서,  $V_{ref}$ 는 기준점에서의 반사전압을 나타내며,

$V_{inc}$ 는 기준점에서의 입사전압을 나타낸다.

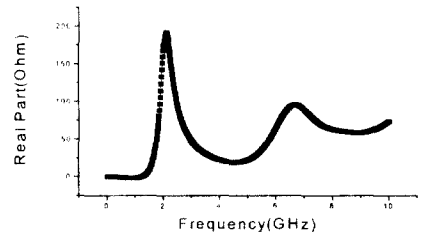
입력임피던스는 다음과 같다.

$$Z_{in} = Z_0 \frac{1 + S_{11}}{1 - S_{11}} \quad (4)$$

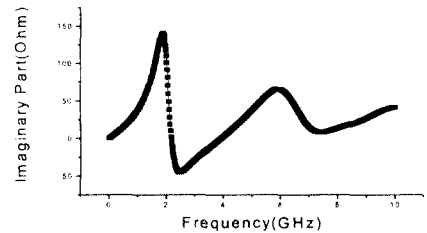
여기서,  $Z_0$ 는 CPW선로의 특성임피던스로 50 Ω,

$S_{11}$ 은 반사계수이다.

그림 7에서 구한 슬롯의 기본 공진주파수 2.3GHz에 대한 방사저항은 유한차분시간영역법으로 계산한 경우 192 Ω이고 모멘트법으로 계산된 문헌치[5]에 의한 입력임피던스는 160 Ω으로 약 20%의 오차가 생겼으며, 문헌[6]을 참조로 CPW급전선의 특성임피던스를 구한 후 FDTD법으로 계산한 경우는 173 Ω으로 약 8.1%의 오차가 발생하였다.



(a) Real Part



(b) Imaginary Part Fig.

Fig. 7 Characteristic Impedance of CPW Slot Antenna.

### III. 결 론

MMIC화가 용이한 CPW급전형 슬롯안테나의 공진

주파수에 따른 손실저항을 유한차분시간영역법으로 구한 값과 이론적인 계산에 의한 값과 비교하였다. 결과 유한차분시간영역법으로 구한 저항치는 192  $\Omega$  이었고 참고문헌을 이용하여 계산한 저항치는 173  $\Omega$  으로 두 경우 약 10 %의 오차가 발생함을 알 수 있었다.

흡수경계조건의 불완전성에 기인하는 이러한 오차를 줄이기 위해서는 흡수경계면에서 반사되어지는 반사파를 보정한 후 계산하는 방법과 PML흡수경계조건 [7]을 사용하는 방법이 있지만 두가지 방법에 대한 비교는 차후의 과제로 남겨 두었다.

비록 연산시간이 길지만 유한차분시간영역법으로 연산할 경우 CPW급전형 슬롯안테나의 여러 가지 특성을 가시화할 수 있었다.

### 참 고 문 헌

1. C. P. Wen, " Copolar Waveguide : A Surface Strip Transmission Line Suitable for Non-Reciprocal Gyro Magnetic Device Application, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. MTT-17, pp. 1087-1090, Dec. 1969.
2. Jean-Marc Laheurte, Linda P.B. Katehi, Gabriel M. Rebeiz, "CPW-Fed Slot Antennas on Multilayer Dielectric Substrates," IEEE Transactions on Antennas and Propagation. vol. 44, no.8, Aug. 1996.
3. Karl S. Kunz, Raymond J. Luebbers, The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics. CRC Press. INC, 1993.
4. G. Mur, "Absorbing Boundary Conditions for the Finite-Difference Approximation of the Time-Domain Electromagnetic Field Equations," IEEE Trans. Electromag. Compat., EMC-23, no.4, pp.377-382, Nov. 1981.
5. 山下榮吉, 錢 永喜, FDTD法による マイクロ波平面回路・アンテナ 特性の 解析, 리아리즈社(株), 1996.
6. Robaert A. Sainati, CAD of Microstrip Antennas for Wireless Application, Artech House, 1996.
7. Seppo SAARIO, Yongxi QIAN, Eikichi YAMASHITA , "Analysis of Coupling between CPW-Fed Slot Antennas using FDTD with PML Boundary Conditions,"

IEICE Trans. ELECTRON. vol. E80-C. No. 12, Dec. 1997.



문 태 정 (Tae-Jung Moon) 정회원  
1985년 3월 ~ 1989년 2월 동아대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1989년 3월 ~ 1991년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 대학원 전자공학과(박사과정)

1991년 1월 ~ 1998년 2월(주)적고 만해 기술연구소(선임연구원)

1995년 3월 ~ 1998년 2월 경남정보대학 전자정보과 겸임교수

1998년 ~ 현재 : 경남정보대학 전자정보과 전임강사



이 수 영 (Su Young Lee) 정회원  
1985년 2월 : 동아대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1987년 2월 : 동아대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1998년 8월 : 동아대학교 일반대학원 전자공학과 공학박사

현재 : 경남정보대학 전자공학과 조교수