

Microstrip-to-Coplanar Strip Line 급전구조를 갖는

V-LTSA 의 설계 및 실험

°김혜리*, 김남현**, 박노준, 강영진

*목포과학대학 전자과, **한국통신, 워광대학교 전자공학부

Design and Experiment of V-LTSA with Microstrip-to-Coplanar Strip Line Feed

° Hye-Ri Kim*, Nam-Hyun Kim**, Noh-Joon Park, Yung-Jin Kang

Department of Electronic Engineering, Wonkwang University

*Dept. of Electronics, Mokpo Science College. ** Korea Telecom

Abstract

In this paper, the design, fabrication, and experiments of linearly tapered slot antenna(LTSA) with uniplanar microstrip-to-coplanar strip(CPS) line transitions are presented. The effect of reducing and increasing with taper width G , taper length L , and opening angle α also measured at 10 GHz.

와 쉽게 집적화 될 수 있으며 이러한 선형 테이퍼드 슬롯 안테나(Linearly Tapered Slot Antenna: LTSA)는 다른 인쇄 회로 안테나에 비해서 높은 이득, 넓은 대역폭 그리고 단순한 구조의 장점을 갖는다[1].

이러한 장점을 살리기 위해서는 LTSA 의 피드 네트워크가 넓은 주파수 대역에 걸쳐 낮은 손실을 가져야만 하고 제작이 간단하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 uniplanar 급전 구조를 사용하여 시스템을 조밀하게 제작할 수 있고 패키징과 MMIC 응용 및 phased array 에 있어서 많은 장점을 갖는 microstrip-to-coplanar strip(CPS) line 급전구조[2]의 V-LTSA 에 대하여 연구하였다.

I. 서 론

II. Microstrip-to-CPS 급전구조

최근 마이크로파와 밀리미터파 시스템에서 평판 안테나의 사용에 대해 관심이 증가하고 있다. 현재 사용되고 있는 평판 안테나의 다양한 종류는 크게 broadside 복사소자와 end-fire 복사소자로 분류 할 수 있는데 평판 다이폴, 슬롯 그리고 마이크로스트립 패치와 같은 공진소자들은 모두 broadside 방향으로 복사한다. 그러나 이들 안테나들은 일반적으로 이득이 낮고 빔 방향의 밀도에 따른 10dB 빔폭 특성이 충분히 좋지 못하다. 이러한 단점은 진행파 안테나를 사용하므로써 쉽게 극복 할 수 있는데 테이퍼드 슬롯 안테나(Tapered Slot Antenna:TSA)는 end-fire 진행파 안테나에 속한다[3].

Gibson 에 의해 vivaldi antenna 로 소개된 TSA 는 마이크로파와 밀리미터파 시스템 용 다에서 쓰일 수 있으며 이것은 microstrip-to-slotline 급전을 이용하여 마이크로파 회로

그동안 소개되어온 급전방식은 전기적 결합의 형태에 따라 전자기적 결합방식과 직접 결합방식으로 나눌 수 있는데 microstrip-to-slot line[4], fin line-to-slot line[5], coplanar waveguide(CPW)-to-slot line[6] 그리고 microstrip-to-balanced line-to antipodal slot line[7] 등이 이들에 속하며 antipodal 기하구조를 제외하고는 다른 모든 TSA 는 슬롯 라인으로 급전된다.

최근에 소개된 microstrip-to-coplanar 급전방식은[2] 위의

두가지 범주에 속하지 않는 새로운 방법이며 결합의 대상이 되는 슬롯을 CPS 로 변환하였고 따라서 직접결합 방식에서 흔히 볼 수 있는 본딩 와이어가 필요 없다.

이러한 급전구조에 대한 실제적인 배경으로서는 100 Ω 보다 작은 임피던스를 갖는 슬롯 라인이 단지 수천분의 1 인치의 슬롯 폭을 갖기 때문에 기존의 에칭기법으로는 정확하게 제작할 수 없다는 것을 생각해 볼 수 있다.

그림 1 은 대칭형 난일평면 microstrip-to-coplanar 스트립 라인 급전의 구조이다. 여기에서 특성임피던스 $Z_0 = 50 \Omega$ 이고 폭이 W 인 마이크로스트립 라인은 폭이 W_1 인 $\lambda/4$ 임피던스 매칭 트랜스포머를 통하여 특성임피던스가 70Ω 이고 폭이 W_2 인 2 개의 직교 마이크로스트립 라인에 결합된다. 70Ω 의 특성임피던스는 제작을 간편하게 하기 위해 선택하였다. 이상적인 고리모양 쿨프의 평균 경로길이는 $0.5 \lambda_{g(\text{microstrip})}$ 이고 여기서 $\lambda_{g(\text{microstrip})}$ 은 섬계주파수 f_0 에서 $Z_0 = 70 \Omega$ 의 마이크로스트립 라인 내에서의 관내파장이다. 광대역 동작을 위한 실제적인 급전구조에서는 오른쪽으로 급혀진 기생 소자가 보정되어야만 한다.

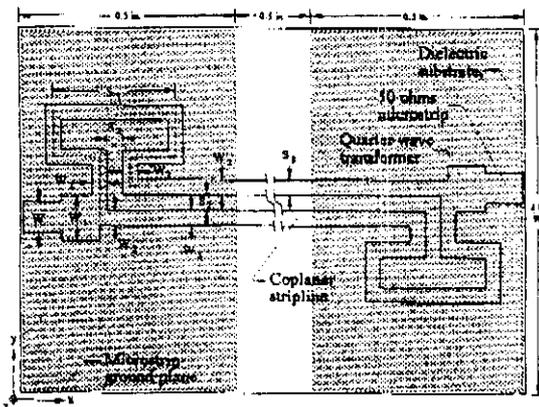


그림 1. Back-to-Back Uniplanar Microstrip-to-Coplanar Strip Line Feed

이 문제에 대한 간단한 해법은 마이크로스트립 라인의 평균 경로 길이를 증가시키는 것이므로 평균 경로길이를 $0.638 \lambda_{g(\text{microstrip})}$ 로 선택하여 커플드 마이크로스트립 라인에 대한 입력 위치 "a"와 "b"에서의 신호 위상을 180° 위상차가 나도록 하였다. 커플드 마이크로스트립 라인에서는 갭 S_2 를 가로지르는 전계를 갖는 odd-mode 가

도미넌트 모드로서 여기된다. 갭 치수 S_2 는 커플드 마이크로스트립 라인의 특성 임피던스 $Z_{0(\text{odd})}$ 가 50Ω 이 되도록 선택되었다.

coplanar 스트립라인 도체의 폭 S_1 는 마이크로스트립 라인의 폭 W_2 와 같도록 만들었다. 결과로서 coplanar 스트립 라인의 특성임피던스 $Z_{0(\text{CPS})}$ 는 약 100Ω 이며 다음식으로 계산하였다.

$$Z_{0(\text{CPS})} = \frac{120\pi K(k)}{\sqrt{\epsilon_{re}} K'(k)}$$

여기서, $k = \frac{S}{S+2W}$

$$\frac{K(k)}{K'(k)} = \frac{1}{\pi} \ln \left[2 \frac{1+\sqrt{k}}{1-\sqrt{k}} \right] \quad \text{for } 0.707 \leq k < 1$$

$$\frac{K(k)}{K'(k)} = \frac{\pi}{\ln \left[2 \frac{1+\sqrt{k'}}{1-\sqrt{k'}} \right]} \quad \text{for } 0.707 \leq k \leq 1$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} [\tanh\{1.785 \log(h/W) + 1.75\} + \frac{kW'}{h} \{0.04 - 0.7k + 0.01(1 - 0.1\epsilon_r)(0.25 + k)\}]$$

V-LTSA 의 장점중의 하나는 이 안테나가 유한한 너비의 접지면을 갖는다는 것인데 이것은 접지면을 이루는 도체 사이의 surface wave 와 parallel-plate mode 를 억제함으로써 안테나의 성능을 높여준다.

그림 2 는 uniplanar microstrip-to-coplanar 스트립라인 급전을 갖는 V-LTSA 이다. 급전부에서의 microstrip-to-coplanar 스트립라인의 스케일은 그림 1 에 99인 것과 동일하다. 길이 L 과 폭 G 는 각각 임의로 $1.7\lambda_0$ 와 $0.32\lambda_0$ 로 선택하였고 변화시켜가면서 안테나 특성을 관찰하였으며 여기서 λ_0 는 f_0 에 대응하는 자유공간 파장이다.

참고문헌[3]에 의하면 LTSA 의 개구각이 11.2° 일때 E-평면과 H-평면 빔폭이 거의 같아짐을 볼 수 있는데 이것은 5 mil 두께의 $\epsilon_r = 2.22$ 인 Duroid 기판상에 제작된 LTSA 상에서 얻은 결과이며 본 논문에서는 10 mil 두께의 $\epsilon_r = 10.2$ 인 6010 Duroid 기판상에서 제작, 실험하였기 때문에 각 θ 는 위으로 12.5° 를 선택한 후 변화시켜 보았다.

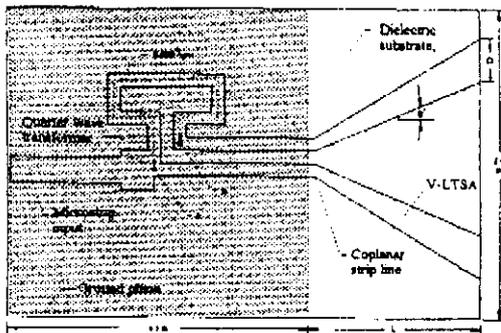


그림 2. V-LTSA with Uniplanar Microstrip-to-Coplanar Strip Line Feed

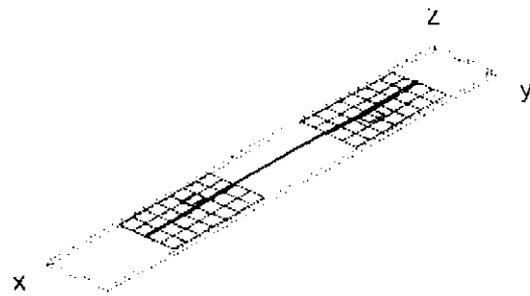


그림 3. 반사손실 및 삽입손실 특성 해석을 위한 급전부

III. 설계 및 실험

실제에 사용한 유전체 기판은 비유전율 10.2 ± 2.50 인 Rogers 사의 RT/Duroid 6010 기판이고 두께는 10 [mil] 이며 손실 탄젠트는 0.0023 이다. 또한 중심 주파수는 10 [GHz] 로 설계하였으며 급전선의 실선은 Hammerstad 에 의한 식을 사용 하였다. 설계된 안테나의 치수는 표 1 과 같고 반사손실과 삽입손실 특성을 시뮬레이션하기 위한 급전부와 V-LTSA 의 레이아웃은 그림 3, 4 와 같으며 시뮬레이션 결과는 그림 5, 6 에 보였다.

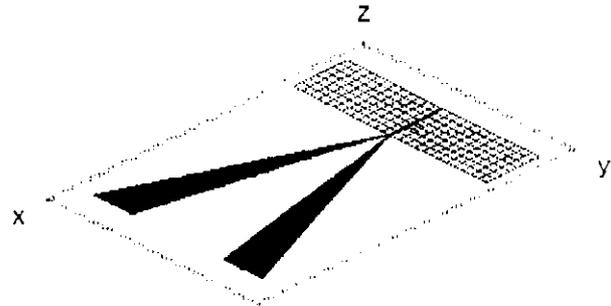


그림 4. V-LTSA 의 레이아웃

W	9 [mil]
W_1	12.9 [mil]
W_2	4 [mil]
l_1	192.9 [mil]
l_2	109.1 [mil]
S_1	82.6 [mil]
S_2	4 [mil]
S_3	4 [mil]
h_1	21.3 [mil]
h_2	52.7 [mil]

표 1. 안테나의 설계치수

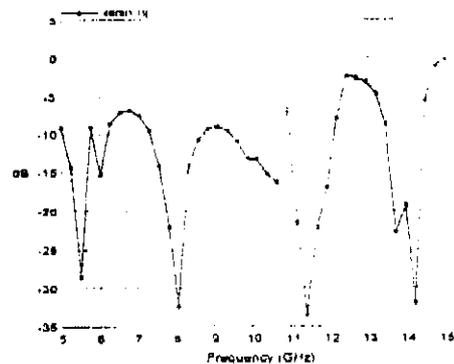


그림 5. 급전부의 반사손실

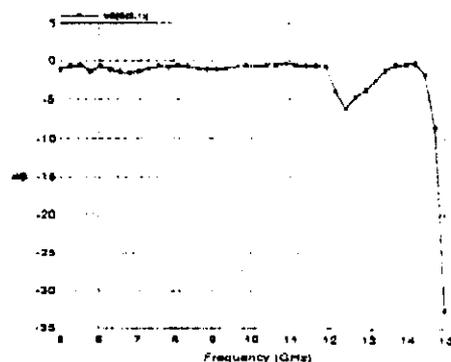


그림 6. 급전부의 삽입손실

IV. 결론

본 연구에서는 단일 평면 microstrip-to-coplanar 스트립 라인으로 급전되는 V-LTSA를 설계 및 제작하고 공진주파수와 복사특성을 측정하였다. 이러한 형태의 V-LTSA는 적자구조를 갖는 마이크로파 및 밀리미터파 대역의 위상 배열 시스템에 우수한 적용성을 갖은 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] R. Janaswamy and D. H. Schaubert, "Analysis of the Tapered Slot Antenna", IEEE AP-35, No.9, 1987, pp. 1058 - 1065
- [2] P. J. Gibson, "The Vivaldi Aerial," in 9th European Microwave Conference, Brighton, UK, September 1979, pp. 101 - 105
- [3] K. S. Yngvesson, D. H. Schaubert, T. L. Korzeniowski, E. L. Kolberg, T. Thungren, and J. F. Johansson, "Endfire Tapered Slot Antennas on Dielectric Substrates," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. AP-33, No.12, pp.1392 - 1400, 1985.
- [4] R. N. Simons, N. I. Dib, R. Q. Lee, and L. P. B. Katchi, "Integrated Uniplanar Transition for Linearly Tapered Slot Antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol.43, No.9, pp.998 - 1002, 1995
- [5] S. N. Prasad and S. Mahapatra, "A Novel MIC Slot-line Antenna," in 9th European Microwave Conference, pp.120 - 124, Brighton, UK, September 1979; also IEEE Trans. Ant. Propagat., Vol. AP-31, No.3, pp.525 - 527, 1983
- [6] K. S. Yngvesson et al., "The tapered slot antenna - A new integrated element for millimeter-wave applications," IEEE AP-37, No.2, 1989, pp. 365 - 374
- [7] R. N. Simons, R. Q. Lee, and T. D. Perl, "New Techniques for Exciting Linearly Tapered Slot Antenna with Coplanar Waveguide," Electron. Lett., Vol.28, No.7, pp.620 - 621, 1992
- [8] R. N. Simons, R. Q. Lee, and T. D. Perl, "Non-planar Linearly Tapered Slot Antenna with Balanced Microstrip Feed," 1992 IEEE AP-S International Symposium, Vol.4, Chicago, IL, pp.2109 - 2112, 1992
- [9] K. C. Gupta, R. Garg, and I. J. Bahl, Microstrip Lines and Slotlines, Artech House, Dedham, MA, 1979