

이중공진 소형 칩 Meander 안테나에 관한 연구

A Study on the Small Chip Meander Antenna for Dual-frequency Operation

김현준 · 권세웅 · 심성훈 · 강종윤* · 윤석진* · 김현재* · 윤영중

Hyun-Jun Kim · Se-Woong Kwon · Sung-Hun Sim · Chong-Yun Kang* · Seok-Jin Yoon*
· Huyn-Jai Kim* · Young-Joong Yoon

요 약

본 논문에서는 이중공진 칩 meander 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 기존 meander 안테나의 소형화 특성을 유지하면서 인접한 주파수에서 이중공진하는 특징을 갖는다. LTCC-MLC 공정을 이용하여 제작하였고, 2.20 GHz와 2.883 GHz에서 이중공진(주파수비=1.35)하며, meander 패치의 크기는 15.7 mm × 6.52 mm(0.32 λ_g × 0.133 λ_g)이다. 그리고 이중공진 meander 안테나의 추가적인 소형화를 위해 3차원 구조를 제안한다. 이 3차원 구조를 이용하여 약 50 %의 크기를 추가적으로 소형화하였다. 전류분포를 통해 제안된 안테나가 이중공진하는 원리를 확인하였고, 제작된 안테나의 반사손실 및 방사패턴의 특성을 분석하였다.

Abstract

In this paper, the small chip meander antenna for dual-frequency operation is presented. The proposed chip meander antennas was fabricated by the ceramic chip using LTCC-MLC process. It is a novel compact dual-frequency design using a meandered patch that achieves more degrees of freedom for adjusting dual-frequency operation and the size reduction with narrow frequency ratio. And it is proposed that the 3D structure for additional size reduction of the meander antenna. The size reduction of the 3D meander antenna is as large as 50 % as compared to the design for dual-frequency operation not using 3D structure. It is observed that the principle of dual-frequency operation through current distribution, return loss and radiation pattern.

Key words : Meander Antenna, Small Antenna, Dual Resonance Antenna, Ceramic Chip Antenna

I. 서 론

최근 단말기 시스템의 소형화/경량화에 따라 안테나의 소형화/경량화에 대한 요구가 증가하고 있다. 지금까지 제안된 소형안테나 기술중 대표적인 것으로 헬리컬 안테나^[1], meander 안테나^[2], Inverted F 안테나^[3], 그리고 접지핀을 이용한 안테나^[4] 등이 있다. 그리고 이동통신 시스템이 발전과 함께 여러

가지의 서비스가 등장하고 있으며 향후에는 여러 가지 이동통신 시스템들이 통합된 형태로 서비스될 것으로 예상된다. 그 동안 기존의 평판형 안테나를 이용해 GPS(Global Positioning Systems), WLAN(Wireless Local Area Networks)등과 같은 시스템에서 다중으로 사용하기 위한 안테나 연구가 진행되어 왔지만 소형 안테나 부분에서는 아직 많은 연구가 이루어지지 못해왔다.

연세대학교 전기전자공학과(Department of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University)

*한국과학기술연구원(Korea Institute of Science and Technology)

· 논문 번호 : 20020215-014

· 수정완료일자 : 2002년 6월 4일

본 논문에서는 위에서 언급한 소형화와 이중공진 특성을 갖는 meander 안테나를 제안하였다. 그 동안 meander 안테나 형식을 이용하면서 이중공진하는 안테나에 관한 연구로는 slot-loaded를 이용한 meandered 패치를 이용한 형태^[5], meander 선로의 길이와 패치의 공진을 이용한 방법^[6] 등이 있다. Slot-loaded를 이용한 방법의 경우 slot-loaded를 위한 공간이 필요하므로 선로의 폭이 넓어야 하고, 두 공진 주파수간의 비가 1.8이상에서만 설계가 가능하다. 그 다음 meander 선로의 길이와 구형패치에 의한 공진을 이용한 방법은 두 공진 주파수간의 비가 1.438에서 2.618까지의 넓은 범위에서 설계가 가능한 장점이 있다^[6]. 그러나 구형패치에 의한 공진이 포함되므로 두 공진 주파수간의 비가 좁을 경우 안테나의 소형화 효과가 적은 단점이 있다. 이에 반해 본 논문에서 제안된 안테나 구조는 좋은 소형화의 특성을 갖는 동시에 좁은 이중공진 주파수 범위에서 설계가 가능하다는 특징이 있다. 그리고 제안된 이중공진 meander 안테나의 추가적인 크기 감소를 위해 3차원 구조를 적용하였다. 제안된 두 안테나는 LTCC(Low-Temperature Co-fired Ceramic)-MLC(Multiple Layer Ceramic) 공정을 이용한 고유전율의 세라믹 칩으로 제작하였고 반사 손실, 방사 패턴 및 이득을 확인하였다.

II. 안테나의 설계

우선 소형의 이중공진 meander 안테나를 제안하고 이중공진의 원리 및 특성을 고찰한 뒤 추가적인 소형화를 위한 3차원 구조를 제안하였다.

2-1 이중공진 칩 meander 안테나

일반적인 meander 안테나는 패치 상에 긴 slit을 교대로 넣어 전류의 흐름을 길게 하고 이 방법을 통해 안테나의 크기를 소형화한다. 그리고 meander 안테나의 경우 일반 공진형 안테나와 마찬가지로 $\lambda_g/2$ 에서 최소 공진길이를 갖는다^[7]. 이러한 meander 안테나의 기본 특성을 유지하면서 이중공진 특성을 갖는 소형 칩 meander 안테나의 구조를 그림 1에 나타내었다. 그림 1(a)를 보면 단일 meander 안

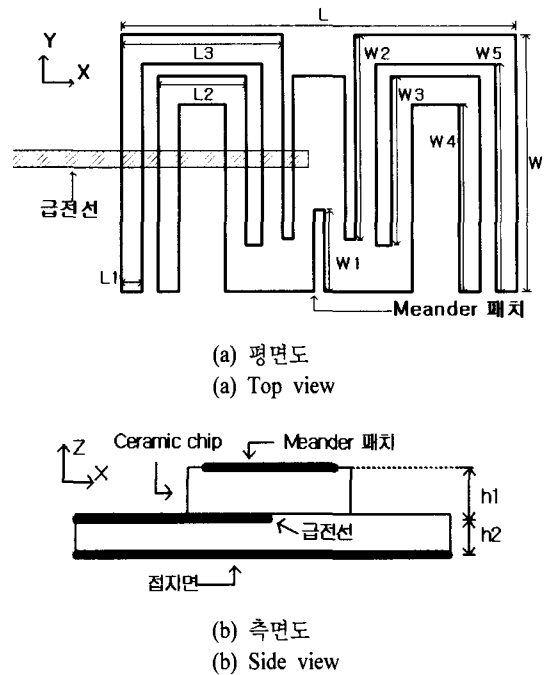


그림 1. 이중공진 칩 meander 안테나

Fig. 1. Chip meander antenna for dual-frequency operation.

테나에서 이중공진하기 위해 가운데를 교차점으로 다른 전류길이가 생기도록 만들어 주었다. Meander 안테나의 이중공진하는 원리는 안테나의 전류 분포를 나타내는 그림 2에서 확인할 수 있다. 만일 공진 주파수를 f_1 , f_2 와 f_3 ($f_1 < f_2 < f_3$) 라고 가정하면 그림 2(a)를 통해 낮은 주파수 f_1 이 바깥쪽 긴 선로에 의해 공진하고, 그림 2(c)를 통해 높은 주파수 f_3 가 안쪽의 짧은 선로를 통해 공진하는 것을 볼 수 있다. 그리고 공진 주파수 f_1 과 f_3 사이에 f_2 의 공진 주파수가 존재한다. 이 공진점에서의 전류 분포는 그림 2(b)에서 보면 동일편파를 형성하는 X축 방향의 meander 부분이 패치의 가운데 Y축을 기준으로 반대방향을 갖는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 동일편파 방향의 신호들이 공간상에서 서로 상쇄되므로 이득이 굉장히 낮아지게 되어 사용할 수 없다. 이러한 전류 분포를 통해 이중공진의 원리를 이해할 수 있으며 공진 주파수 f_1 과 f_3 는 서로 독립적으로 동작하기 때문에 공진 주파수간의 비를 자유롭게 조절할 수 있고, 인접 주파수에서 이중공진하

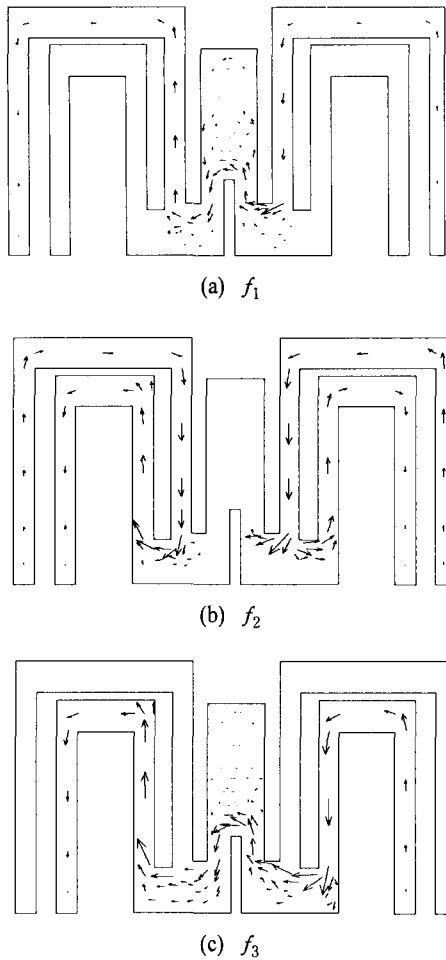


그림 2. 이중공진 meander 안테나의 전류 분포
Fig. 2. Current distribution of meander antenna.

도록 설계할 수 있는 장점이 있다.

다음은 패치 가운데 교차점에서의 임피던스 변화 특성을 관찰하였다. 그림 3은 그림 1(a)의 W1을 2.16 mm에서 4.16 mm까지 1 mm씩 증가시키면서 임피던스 변화를 확인한 것이다. 그림 3을 보면 W1의 변화는 아래쪽의 원(높은 공진 주파수, f_3)에 더 큰 영향을 주는 것을 볼 수 있다. 그리고 그림 4는 그림 1(a)의 W2를 3.66 mm에서 5.66 mm까지 1 mm씩 증가시키면서 임피던스 변화를 관찰한 것이다. W2의 변화는 그림 3의 W1 변화와 마찬가지로 높은 쪽 공진 주파수인 f_3 의 변화에 영향이 큰 것을 볼 수 있다. 이처럼 W1과 W2의 조절은 높은 쪽 공진 주파수에서 임피던스 변화에 더 많은 영향을 주

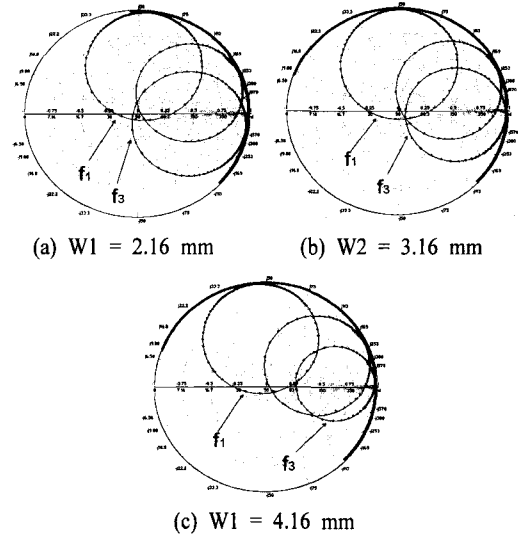


그림 3. W1에 의한 임피던스 변화
Fig. 3. Input impedance versus frequency by W1.

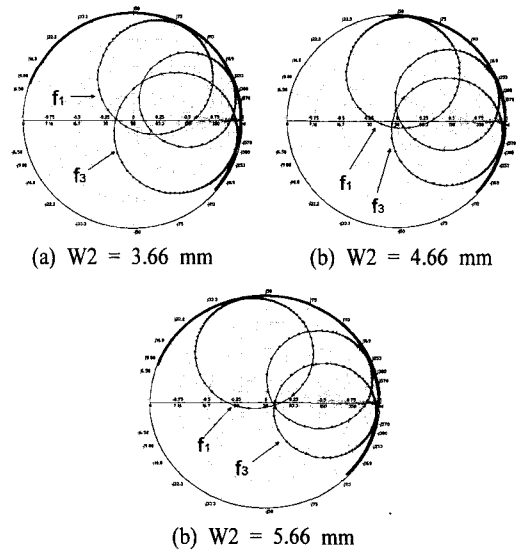


그림 4. W2에 의한 임피던스 변화
Fig. 4. Input impedance versus frequency by W2.

므로 두 공진점을 동시에 정합하기 위한 파라미터로 사용할 수 있다. 그리고 급전 방법으로는 급전선의 설계가 간단하고 후방사를 근본적으로 없앨 수 있는 근접(Proximity) 급전구조를 사용하였다.

그 다음 안테나의 정합을 위한 방법을 알아보면 우선 그림 1(a)에서 안테나 전체의 폭 W는 일반 마이크로스트립 안테나와 같이 폭(W)이 임피던스를

결정하는 파라미터가 된다. 이러한 특성을 포함하여 위에서 설명한 meander 패치의 W1과 W2, 급전선의 길이를 조절하여 안테나를 정합할 수 있다.

2-2 3차원 이중공진 칩 meander 안테나

그림 5는 이중공진 meander 안테나의 추가적인 소형화를 위해 3차원 형태를 적용한 안테나 구조이다. 그림 5(a)는 도체를 이용하여 전체 형태를 나타낸 것이고 그림 5(b)는 단면도를 나타내었다. 그림 5(b)를 보면 기본 meander 안테나층과 다른 면에 도체가 들어가 있고 두 개의 다른 층이 연결되어 있는 것을 볼 수 있다. 이러한 방법으로 meander 선로의

길이를 길어 보이게 하여 공진 주파수를 그대로 유지하면서 안테나의 크기를 감소시킬 수 있다.

그리고 그림 5(b)를 보면 윗면의 meander 안테나 패치가 세라믹 칩 내부에 들어가 있는 것을 볼 수 있다. 세라믹 칩 안테나는 원 재료가 되는 얇은 두께의 green sheet을 여러 장 겹쳐서 제작하게 되는데 각 층을 이루는 green sheet는 align이 필요하다. 윗면과 아래면 도체가 모두 밖으로 보이기 위해서는 도체가 있는 green sheet 중 하나를 뒤집어서 align 해야 하므로 제작상의 정확성과 편리성을 위해 meander 안테나 패치를 유전체 내부에 넣어 설계하였다.

Ⅲ. 제작 및 결과 고찰

우선 안테나의 제작에 사용된 적층형 세라믹 칩은 유전율 7.8인 Dupont사의 951 AT green sheet를 사용하여 LTCC 공정에 의해 제작되었다^[8]. 이중공진 칩 meander 안테나와 3차원 이중공진 칩 meander 안테나의 설계와 최적화를 위해 MoM법을 사용하는 Zeland사의 IE3D를 사용하였다. 우선 이중공진 칩 meander 안테나는 안테나 부분에 유전율 7.8, 두께가 2 mm인 세라믹 칩을 사용하고 급전부를 위해 유전율 10.2, 두께 25 mil인 기판을 선택하였다. 표 1은 그림 1의 이중공진 마이크로스트립 meander 안테나의 설계사양이다. 그리고 그림 6는 제작한 이중공진 칩 meander 안테나의 측정결과를 나타낸다. 측정은 HP사의 8722D Vector Network Analyzer를 이용하였다. 그림 6의 결과를 보면 2.20 GHz와 2.883 GHz에서 중심주파수를 갖고 이중공진하는 것을 볼 수 있다. 제작된 세라믹 칩의 실제 크기는 15.7 mm × 6.52 mm로 낮은 쪽 공진 주파수를 기준으로 $0.32 \lambda_g \times 0.133 \lambda_g$ 의 크기를 보였다.

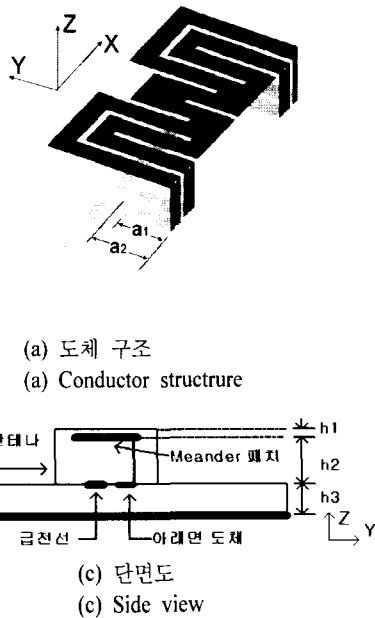


그림 5. 3차원 이중공진 칩 meander 안테나
Fig. 5. The 3D chip meander antenna.

표 1. 이중공진 칩 meander 안테나의 설계 사양

Table 1. Design parameters of the chip meander antenna for dual-frequency operation. (Unit : mm)

안테나의 전체 크기		단면의 높이		급전선의 길이	급전선의 폭		
L	W	h1	h2				
15.7	6.52	2	0.635	18	0.574		
L1	L2	L3	W1	W2	W3	W4	W5
1	3.8	6.4	2.61	4.661	3.762	3.96	5.41

표 2. 3차원 이중공진 meander 안테나의 설계 사양

Table 2. Design parameters of the 3D meander antenna for dual-frequency operation. (Unit : mm)

안테나 전체 크기		단면의 높이			아래면 도체		급전선의 길이(FL)	급전선 폭(FW)
L	W	h1	h2	h3	a1	a2		
9.8	5.22	0.1	1.9	0.635	2.02	2.47	5.47	0.574
L1	L2	L3	W1	W2	W3	W4		
0.8	3.8	1.8	2.16	3.76	3.36	3.45		

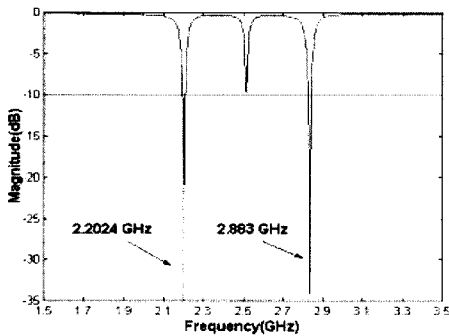
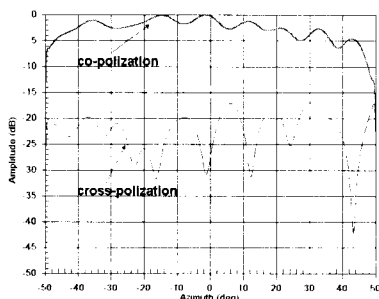


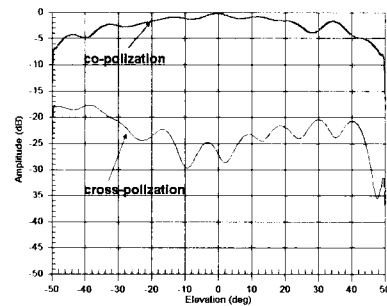
그림 6. 이중공진 칩 meander 안테나의 반사손실 (측정치)

Fig. 6. Measured results of the chip meander antenna.

그림 7과 그림 8은 안테나의 공진점인 2.20 GHz 와 2.883 GHz에서 측정된 방사패턴이다. 방사패턴 은 NSI사의 근역장 측정장비를 이용하였다. 측정 장비의 제한으로 좌우 110° 만을 측정하였다. 그러나 근접 급전방식을 사용하였으므로 후방사가 없는 구조이고, 거의 반구 형태의 무지향의 방향 특성을 갖는 소형 안테나이므로 안테나의 방사특성을 확인 하기에는 충분하다고 생각한다. 그림 7과 그림 8의



(a) XZ-평면
(a) XZ-plane



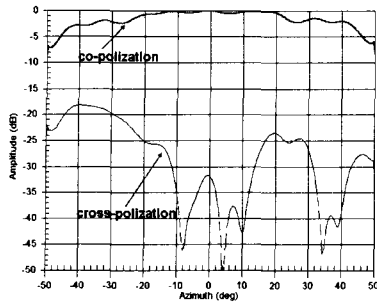
(b) YZ-평면
(b) YZ-plane

그림 7. 이중공진 칩 meander 안테나의 방사패턴 (2.2 GHz)

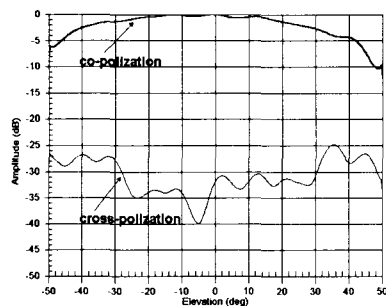
Fig. 7. Radiation patterns of the chip meander antenna (223 GHz).

결과를 보면 약 -12 dB 이하의 교차편파 특성을 보였으며, 동일 편파의 ripple은 주로 측정장소의 반사와 안테나의 표면파에 의한 영향으로 생각된다. 이득은 2.20 GHz에서 약 1.708 dBi를 얻었으며 2.883 GHz에서 1.226 dBi를 얻었다.

다음은 3차원 이중공진 칩 meander 안테나의 실험 결과이다. 세라믹 칩과 급전부는 이중공진 칩 meander 안테나와 동일하게 제작하였다. 표 2는 제안한 3차원 안테나의 설계 사양이며, 그림 9는 측정된 반사손실 결과이다. 그림 9를 보면 이중공진 주파수는 1.948 GHz와 2.261 GHz이고 주파수비는 약 1.2임을 볼 수 있다. 그리고 설계된 안테나의 윗면 meander 패치의 크기는 9.8 mm×5.22 mm로 낮은 쪽의 공진 주파수를 기준으로 $0.177 \lambda_g \times 0.094 \lambda_g$ 의 크기를 갖는다. 이는 3차원 구조를 적용하기 전과 비교하여 약 50 % 이상으로 meander 패치 크기가 줄어든 것이다. 그림 10과 그림 11은 공진 주파



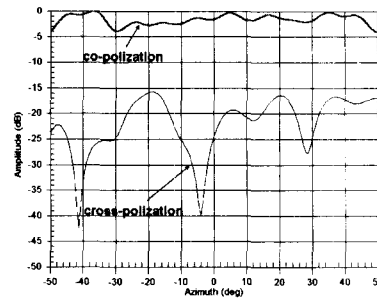
(a) XZ-평면
(a) XZ-plane



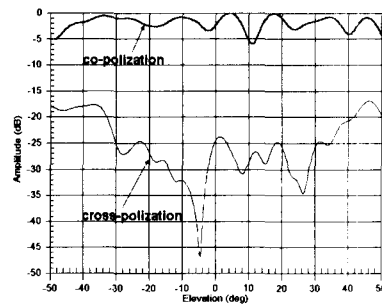
(b) YZ-평면
(b) YZ-plane

그림 8. 이중공진 칩 meander 안테나의 방사패턴 (2.883 GHz)

Fig. 8. Radiation patterns of the chip meander antenna (2.883 GHz).



(a) XZ-평면
(a) XZ-plane



(b) YZ-평면
(b) YZ-plane

그림 10. 3차원 meander 안테나의 방사패턴(1.948 GHz)

Fig. 10. Radiation patterns of the 3D meander antenna (1.948 GHz).

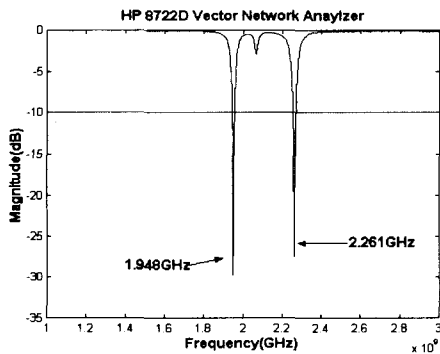


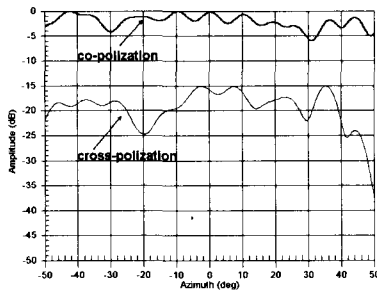
그림 9. 3차원 이중공진 meander 안테나의 반사손실 (측정치)

Fig. 9. Measured results of the 3D meander antenna.

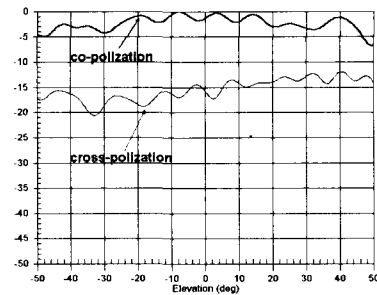
수인 1.948 GHz와 2.261 GHz에서 측정된 방사패턴이다. 약 $-15 \sim -20$ dB 정도의 양호한 교차편파 특

성과 무지향성의 동일편파 특성을 확인할 수 있다.

이득은 1.948 GHz에서는 약 -2.9 dBi를 얻었으며, 2.261 GHz에서는 -2.24 dBi를 얻었다. 이득이 3차원 구조를 사용하기 전보다 약 3 dB 정도 감소한 것을 볼 수 있다. meander 안테나의 이득은 동일 편파를 형성하는 X축 방향의 패치 부분이 많을수록 증가하게 된다. 이를 위해 가능한 Y축 방향의 폭을 좁게 하고 X축 방향으로 길게 설계하였다. 3차원 구조를 적용하면서 이중공진 meander 패치의 X축 방향에 놓여있던 부분이 3차원 구조의 옆면과 아래면에 놓이게 되었다. 표 1과 표 2를 통해 두 안테나의 실제 크기를 비교하면 3차원 구조를 적용하면서 안테나의 길이 L이 15.7 mm에서 9.8 mm로 감소하였으며, 폭 W는 6.52 mm에서 5.22 mm로 많은 변화가 없음을 볼 수 있다. 이처럼 방사에 기여하는 X축 방



(a) XZ-평면
(a) XZ-plane



(b) YZ-평면
(b) YZ-plane

그림 11. 3차원 meander 안테나의 방사패턴(2.261 GHz)

Fig. 11. Radiation patterns of the 3D meander antenna (2.261 GHz).

향의 길이의 감소로 인하여 이득이 약 3 dB 정도 감소한 것을 알 수 있다.

IV. 결론

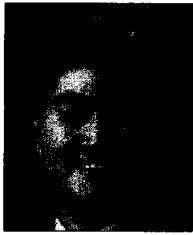
본 논문에서는 이중공진 소형 칩 meander 안테나를 제안하고 추가적인 소형화 방법으로 3차원 구조를 제안하였다. 이 두 종류의 meander 안테나를 LTCC-MLC 공정을 이용하여 제작하여 그 특성을 고찰하였다. 이중공진 칩 meander 안테나는 기존의 단일 meander 안테나의 구조를 변형하여 단일구조에서 이중공진하게 하였고, 소형의 특징과 함께 좁은 이중공진 주파수비를 갖는다. 그리고 3차원 구조를 적용하여 이중공진 meander 안테나에 비해 약

50 % 이상의 면적 감소 효과를 확인하였고, 이에 따라 이득이 약 3 dB 정도 감소하는 특성을 확인할 수 있었다. 앞으로 이득을 유지하면서 소형화할 수 있는 3차원 구조에 대한 연구와 대역폭 개선을 위한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] Z. D. Liu and P. S. Hall, "Dual-Band Antenna for Hand Held Portable Telephones", *ELECTRONIC LETTERS*, vol. 32, pp. 609-610, 1996.
- [2] H. Y. Wang, J. Simkin, C. Emsom and M. j. Lancaster, "Compact Meander Slot Antennas", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 24, no. 6, pp. 377-380, 20th, March 2000.
- [3] C. R. Rowell and R. D. Murch, "A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone hand sets", *IEEE Trans.*, AP-45, pp. 837-842, 1997.
- [4] Kin-Lu Wong, Chia-Luan Tang and Jong-Twu Chen, "A Compact Meandered Circular Microstrip Antenna with a Shorting Pin", *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 15, no. 3, June 20 1997.
- [5] Jui-Han Lu and Kin-Lu Wong, "Slot-loaded, Meandered Rectangular Microstrip Antenna with Compact Dual-frequency Operation", *ELECTRONIC LETTERS*, vol. 34, no. 11, 28th, May 1998.
- [6] Chun Kun Wu, Kim-Lu Wong and Wen-Shyang Chen, "Slot-coupled meandered microstrip antenna for compact dual-frequency operation", *ELECTRONIC LETTERS*, vol. 34, no. 11, 28th May 1998.
- [7] H. Y. Wang and M. J. Lancaster, "Aperture-Coupled Thin-Film Superconducting Meander Antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 47, no. 5, pp. 1693-1696, May 1999.
- [8] 강종윤, 윤석진, "LTCC를 이용한 RF 부품 기술", *한국전자과학기술회 전자과학기술*, 12(3), pp. 80~89, 2001. 7.

김 현 준



2000년 2월: 연세대학교 기계전기 전자공학부 (공학사)
2002년 2월: 연세대학교 전기컴퓨터 공학과 (공학석사)
2002년 3월~현재: 삼성전기 연구원

윤 석 진



1983년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)
1985년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
1992년 3월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)
1988년 3월~현재: KIST 박막기술

연구센터 책임연구원
[주 관심분야] RF MEMS, 전자 재료, 초소형 통신 부품

권 세 응



1999년 2월: 연세대학교 전파공학과 (공학사)
2002년 2월: 연세대학교 전기컴퓨터공학과 (공학석사)
2002년 3월~현재: 연세대학교 전기·전자공학과 박사과정

설계

[주 관심분야] RF 소자 및 안테나

김 현 재



1975년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)
1977년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
1985년 8월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)
1984년 3월~현재: KIST 박막기술

연구센터 책임연구원
[주 관심분야] 이동 통신용 소재, 전자 세라믹스, RFIC

심 성 훈



1997년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)
1999년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
1999년 3월~현재: 연세대학교 전기·전자공학과 박사과정

재료, RF MEMS

[주 관심분야] 소형 안테나, 전자

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1991년 12월: Georgia Inst. of Tech. 전기공학 (공학박사)
1992년 3월~1993년 2월: 한국전자

통신연구소 선임연구원
1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수
2002년 3월~현재: 연세대학교 전파통신연구소 소장
[주 관심분야] 마이크로파 소자, 안테나, 전파전파, 고온 초전도, EMI/EMC 등

강 중 윤



1993년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학사)
1995년 8월: 연세대학교 전기공학 (공학석사)
2000년 2월: 연세대학교 전기공학과 (공학박사)
2000년 4월~현재: KIST 박막기술

연구센터 연구원
[주 관심분야] 유전체 필터 및 듀플렉서, RF MEMS, 소형 안테나