

PCS용 표면실장형 칩 유전체 세라믹 안테나 설계

Design of a Surface-mounted Chip Dielectric Ceramic Antenna for PCS Phone

이종환* · 우종명* · 김현학** · 김경용**

Jong-Hwan Lee* · Jong-Myung Woo* · Hyun-Hak Kim** · Kyung-Yong Kim**

요 약

본 논문에서는 휴대전화 단말기(핸드폰) 안테나를 co-planar 급전 구조의 회로기판상에 표면장착 가능한 칩 형태로 설계하였다. 설계된 안테나는 유전체 세라믹($\epsilon_r = 23$)을 적층하여 직육면체 형태(7.5 mm×4.5 mm×0.4 mm)로 만들고 그 표면에 $\lambda/4$ 파장 모노폴 방사소자를 헬리컬 구조로 형성시켜 제작되었다. 제작된 칩 안테나의 특성 측정 결과 반사손실 27.36 dB, -10 dB 대역폭 76 MHz(3.97%), H면 평균이득 -9.43 dB로 일반적인 모노폴 안테나 방사 특성을 나타내었다.

Abstract

In this paper, cellularphone antenna was designed to be capable of being mounted on the circuit-board with co-planar feeding method. The designed antenna is fabricated by the following procedure : make the multi-layered dielectric ceramic($\epsilon_r = 23$) hexahedron(7.5 mm×4.5 mm×0.4 mm) and then produce $\lambda/4$ monopole radiation element with helical structure on the surface of the hexahedron. The results are as followings : Returnloss 27.36 dB, -10 dB bandwidth 76 MHz(3.97%), H-plane average gain -9.43 dBd.

I. 서 론

현대 사회가 정보화 사회로의 발전을 하게 됨에 따라 무선 이동통신의 수요가 상당히 많아지고 있다. 이러한 이동통신 수요의 대상으로 대표적인 것이 휴대전화(단말기)이다. 다른 여러 가지 통신 수단들도 이동통신에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있지만 실제 사용됨에 있어서는 상업적인 수요와 대중성에 있어서 역시 휴대전화의 비중이 크다고 할 수 있다. 이동통신 시스템에 있어서 휴대용 단말기를 제외한 다른 통신매체들은 그 크기에 크게 제한을 받지 않지만 휴대전화는 휴대라는 목적을 위해

소형화 및 경량화를 크게 필요로 한다. 따라서 가능한 한 모든 부품을 하나의 칩 형태로 제작하는 것이 바람직하며 안테나 역시 소형화가 절실히 요구되고 있다. 따라서 위에서 언급된 요구를 만족시킬 수 있는 소형 안테나의 하나인 칩 형태의 안테나를 설계·제작하였다.

본 논문에서는 기본적으로 모노폴 안테나를 헬리컬 구조^{[1],[2]}로 변형시켜 유전체 적층피복으로 인한 칩형태로 안테나를 소형화하였다. 칩 안테나를 제작함에 있어 제작 가능성을 살펴보기 위해 우선 Co-planar 급전 모노폴 안테나를 설계제작하여 접지면 크기에 따른 여러 가지 특성을 살펴보고 직육면체형

* 충남대학교 전파공학과(Dept. of Radio Science and Engineering, Chungnam National University)

** KIST(Korea Institute of Science and Technology)

· 논문 번호 : 991208-07S

· 수정완료일자 : 2000년 1월 19일

세라믹 봉상에 도체띠로 모노폴 안테나의 헬리컬 구조를 형성^[3]시켜 그 상층부가 세라믹으로 얇게 피복된 안테나를 완성시킨 후 제특성을 측정하였다. 또한 제작된 안테나를 유전체로 상하 완전히 피복시킨 후 제특성을 측정·평가하였다. 이들 결과들에 대해 기술하고자 한다.

II. 본 론

2-1 Co-planar 급전 모노폴 안테나

표면실장형 칩 안테나를 설계하기에 앞서 본 논문에서 제시한 칩 안테나의 기본이 되는 Co-planar 급전 구조의 모노폴 안테나에 대한 특성을 알아볼 필요가 있다. 접지면의 크기가 안테나의 크기에 비해 작을 경우 접지효과가 적어져 접지면에 전류가 흐르게 되어 안테나의 방사패턴이 상당히 불안정해질 것으로 예상된다. 따라서 일반적으로 안테나의 PCS 단말기 내장시 접지면 면적 등 크기에 제한 요소가 많아질 것이다.

먼저 최종적인 칩 안테나의 경우와 같은 크기와 급전구조로 모노폴 안테나를 마이크로스트립 기판(비 유전율 4.2)상에 Co-planar 급전구조를 갖는 모노폴 안테나를 제작하여 그 특성들을 측정·평가하였다. 이때의 접지면 크기는 25mm×20mm($0.16\lambda \times 0.127\lambda$)로 설정하였다. 그림 1은 Co-planar 급전 모노폴 안테나의 구조를 나타낸다.

이 Co-planar 급전 모노폴 안테나의 반사손실을

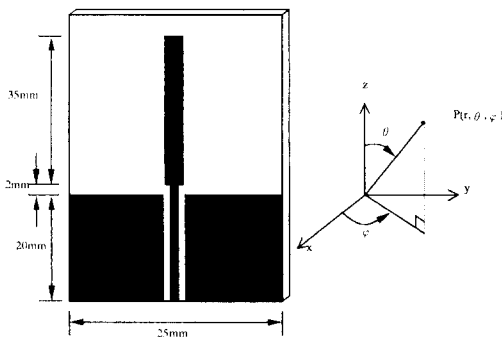


그림 1. Co-planar 급전 모노폴 안테나의 구조

Fig. 1. The structure of monopole antenna using co-planar feeding.

그림 2에 나타내었다. 측정 결과 설계주파수 1.91 GHz에서 반사손실 25.02 dB, -10 dB 대역폭 약 560 MHz(29%)로 광대역 특성이 나타났다. 일반적인 모노폴 안테나의 대역폭은 약 8%~10%로서 측정된 -10 dB 대역폭 29%와는 상당한 차이가 난다. 이것은 예상한 바와 같이 접지효과를 내는 접지면의 크기가 안테나에 비해 상대적으로 작아 접지면에 실리는 전류의 크기가 커지고 이 접지면에서의 다양한 전기적 길이를 가지는 전류성분들에 의해 입력단에서의 정합이 그림 2에서 볼 수 있듯이 넓은 주파수 범위에서 이루어졌기 때문이라 사료된다.

그림 2와 같은 반사손실은 가지는 Co-planar 급전 모노폴 안테나의 방사패턴을 그림 3에 나타내었다.

그림 3은 접지면의 크기가 25mm×20mm일 때의 E-plane($\theta, \phi=0^\circ$)과 H-plane($\theta=90^\circ, \phi$)의 방사패턴이다. E-plane의 경우 $\theta=90^\circ$ 및 270° 부근에서 진폭 약 ± 4.5 dB의 리플이 심하게 나타나고 있으며 135° 및 210° 부근에서 최대 방사레벨이 나타나고 있으나 전체적인 패턴의 포락선은 8자형을 이루고 있다. H-plane의 경우 $\phi=-40^\circ$ 로부터 120° 까지의 영역에서는 안정된 전방향성 방사패턴을 나타내고 있으나 $\phi=120^\circ$ 부근부터 리플 현상이 크게 나타나고 있고 240° 및 310° 에서 Null점이 형성되어 전체적으로 모노폴의 전방향성 방사특성은 형성되지 않았다. 위 결과 전체적으로 다소 불안정한

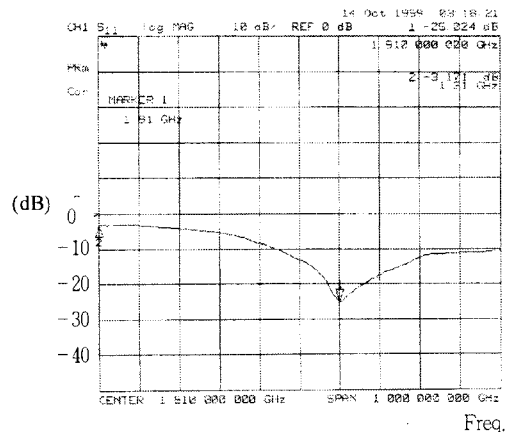


그림 2. 반사손실

Fig. 2. Returnloss.

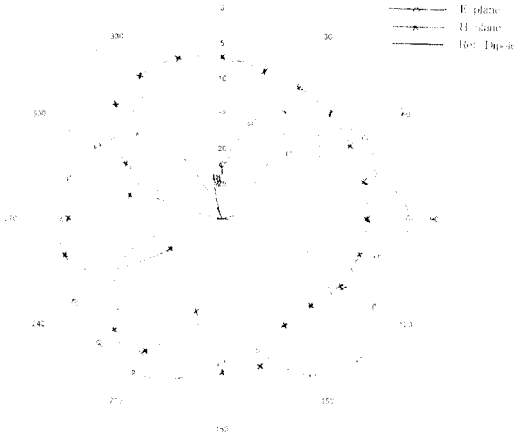


그림 3. 방사패턴
Fig. 3. Radiation pattern.

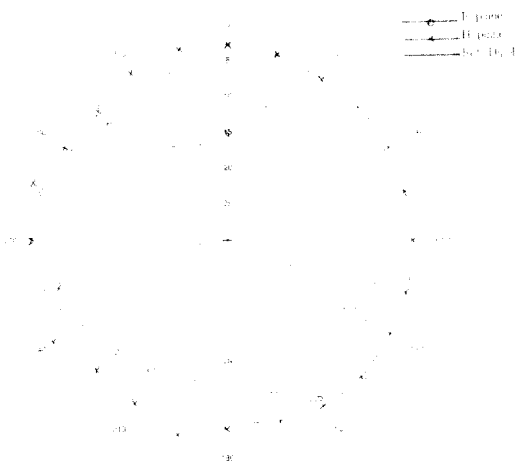


그림 4. 접지면 크기 67 mm×20 mm일 때의 방사패턴
Fig. 4. Radiation pattern(the size of an ground is 67 mm×20 mm).

방사패턴 양상을 보이고 있음을 알 수 있으나 이것은 접지면 크기가 작기 때문이라 생각되어 같은 조건에서 접지면 크기를 67 mm×20 mm로 증가시켜 다시 방사 패턴을 측정하였다. 그 결과를 그림 4에 나타내었다.

E-plane($\theta, \phi=0^\circ$)의 경우 $\theta=115^\circ$ 지점에 Null이 형성되었지만 역시 8자형 패턴 특성을 보이고 있다. H-plane($\theta=90^\circ, \phi$)의 경우 $\phi=240^\circ$ 를 중심으로 약 130° 에 걸쳐 약 ± 2.5 dB의 리플이 나타나고 있지만 전방향성 방사특성을 충분히 나타내고 있

다고 할 수 있다.

앞의 2개의 패턴을 비교해 보면 접지판 크기가 작을 경우 충분한 접지효과를 내지 못해 접지판에 전류가 흐르게 되어 안정된 패턴을 얻을 수 없지만 접지판의 크기가 커질수록 안정된 모노폴패턴에 근접함을 알 수 있다.

일반적인 유한 크기의 접지판상에 수직으로 세운 모노폴 안테나의 방사패턴과 비교하여 Null점과 리플의 생성은 안테나 방사소자로부터 보았을 때 y축상에 얇은 무급전 접지봉이 놓여져 있는 것과 같으므로 직접파와 이 접지봉에 의한 일부 반사파의 합성에 의한 것으로 생각된다.

따라서 이와 같은 작은 크기의 Co-planar 급전 구조에서는 접지판의 완전한 접지효과 기능이 저하되며 접지판에 실리는 표면전류가 상대적으로 많아져 이로부터의 방사가 전체 방사패턴에 영향을 준다고 할 수 있다. 그러나 PCS 내장용으로는 접지판의 크기를 크게 할 수 없다. 접지판의 크기가 제한될 때 즉, 접지판의 크기가 작음에도 불구하고 안정된 패턴 특성을 얻기 위한 방법으로 안테나의 상대적인 크기를 감소시키는 것을 생각할 수 있다. 단, 안테나의 전기적 길이 축소로 인한 이득저하는 불가피하다고 할 수 있고 따라서 측정된 Co-planar 급전 모노폴 안테나의 H-면 평균이득 약 -2.48 dB보다 다소 저하된 H-면 평균이득이 얻어질 것으로 생각된다.

2-2 상층 피복 칩 안테나

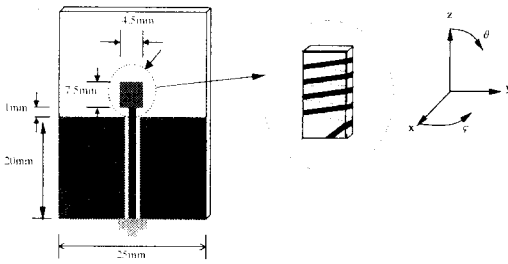
2-1에서 언급한 Co-planar 급전 모노폴 안테나의 크기를 줄이는 방법 중 하나로 동일한 급전 방식(동일 접지판 크기, 동일 비유전율, Co-planar 급전)을 사용하여 안테나 소자를 직육면체($7.5 \text{ mm} \times 4.5 \text{ mm} \times 0.4 \text{ mm}$, $0.05 \lambda \times 0.03 \lambda \times 0.003 \lambda$)의 유전체봉(비유전율 23)에 헬리컬 구조로 도체피를 형성시켰다. 그 위에 동일 유전체로 다시 한번 더 피복시켰다.

그림 5에 상층 피복 칩 안테나의 구조를 나타내었다. 그림 5(a)는 안테나의 전체 구조로 접지판 크기는 앞의 Co-planar 급전 모노폴 안테나와 마찬가지로 $25 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ 로 하였다. 그림 5(b)는 안테나만의 구조로 접지판으로부터 1 mm 상단에 모노폴

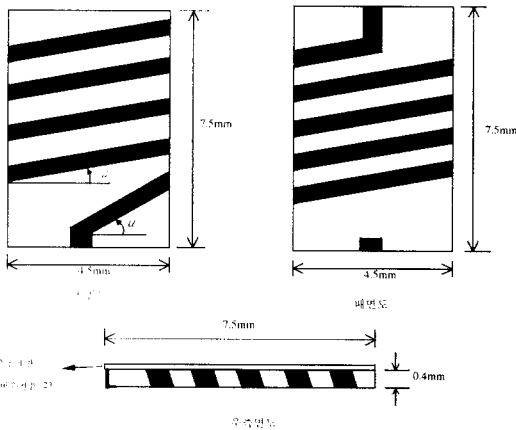
소자를 7.5 mm×4.5 mm×0.4 mm의 유전체 봉(비유전율 23) 표면에 급전점 피치각 α 가 28°로 회전시작 후 후면부터 6.8°의 상승각도 β 를 갖는 헬리컬 구조로 회전시켰으며 안테나 상층에만 0.4 mm 두께의 동일 유전체판으로 피복시켰다. 또한 도선폭은 0.7 mm, 도선간 간격은 0.53 mm이다. 이 때 칩의 길이는 7.5 mm로 Co-planar 급전 모노폴 길이 35 mm에 비해 약 1/5로 소형화되었다.

그림 5의 구조를 가진 칩 안테나의 반사손실 특성을 그림 6에 나타내었다. 측정 결과 중심주파수 1.91 GHz에서 반사손실 34.23 dB, -10 dB 대역폭 114 MHz(6%)로 나타났다.

-10 dB 대역폭이 114 MHz로 나타나 PCS 대역을 충분히 확보하고 있다고 할 수 있다. 그러나 이



(a) 안테나 전체 구조



(b) 안테나 본체의 구조

그림 5. 상층 피복 칩 안테나의 구조

Fig. 5. The structure of chip antenna coated with ceramic plate on upper-plane.

- (a) The whole structure of the antenna.
- (b) The structure of the antenna itself.

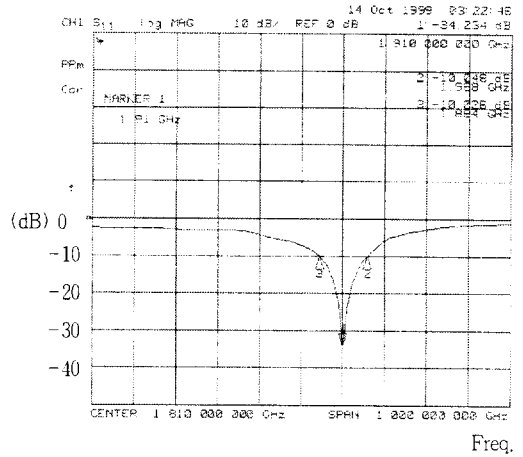


그림 6. 반사손실

Fig. 6. Returnloss.

대역폭은 안테나 뒷면에만 유전체를 피복시켰을 때의 대역폭으로 후술될 상하면 완전 피복된 경우의 대역폭은 다소 감소될 것으로 예상된다.

피복 칩 안테나의 방사패턴을 그림 7에 나타내었다. 그림 7(a)는 그림 5(a)의 좌표계를 기준으로 x-y면을 따라 ϕ 방향으로 y축 편파 성분을 측정한 패턴이다. $\phi=0^\circ$ 를 중심방향으로 방사레벨이 억제되고 있으며 $\phi=125^\circ$ 와 210° 에서 Null이 형성되었지만 $\phi=180^\circ$ 에서 약 -10 dBd의 방사레벨을 나타내고 있다. 이것은 안테나의 구조상 앞면에는 고 비유전율을 갖는 유전체로 피복하고 뒷면에는 비유전율 4.2인 기판이 있기 때문에 앞면으로의 방사가 억제되었다.

그림 7(b)는 x-y면을 따라 측정된 H-plane 패턴으로 이때의 편파는 z축에 평행하다. 측정 결과 최대방사레벨과 최소방사레벨의 차가 약 8 dB가 되나 전체적으로 전방향성 방사 특성을 나타내고 있으며 H-plane 평균 이득은 -7.43 dBd이다.

그림 7(c)는 x-z면을 따라 y축 편파 방향으로 측정된 패턴이다. $\theta=180^\circ$ 방향에서 약 -3 dBd의 지향성을 나타냈으며 그외의 방향에서 여러 개의 lobe가 나타났다. $\theta=180^\circ$ 방향에서 수신레벨이 높게 나타난 것은 확실치 않으나 직접파외에 안테나 구조상 접지면의 반사체의 안테나 역할에 의한 것으로 생각된다.

그림 7(d)는 x-z면을 따라 측정된 E-plane 패턴

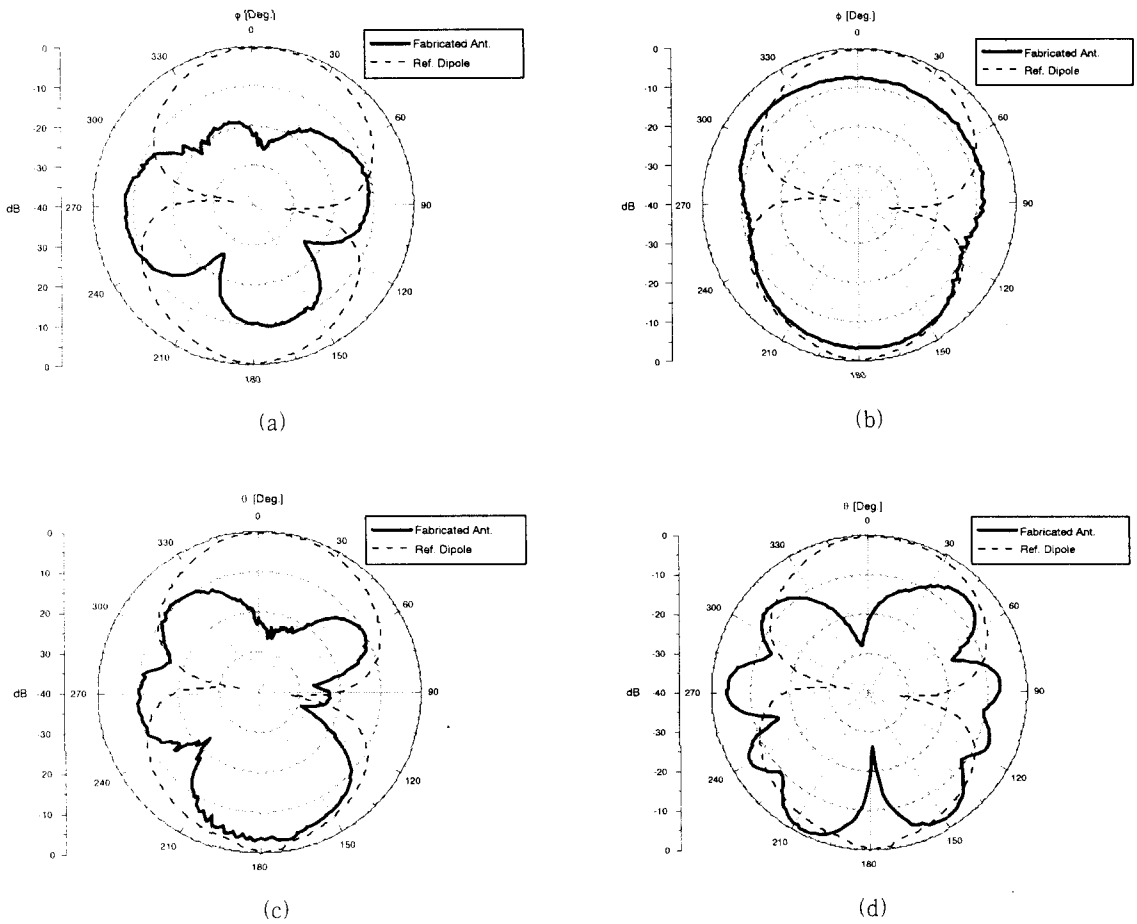


그림 7. 상층 피복 칩 안테나의 방사패턴

(a) x-y면 : y축 편파, (b) x-y면 : z축 편파, (c) x-z면 : y축 편파, (d) x-z면 : z축 편파

Fig. 7. Radiation pattern of chip antenna coated with ceramic plate on upper-plane.

(a) x-y plane : y axis polarization, (b) x-y plane : z axis polarization,
 (c) x-z plane : y axis polarization, (d) x-z plane : z axis polarization.

으로 이때의 편파는 z축과 평행하다. 전체적으로 $\theta = 90^\circ, 270^\circ$ 인 전후 방향 부근에서 ± 7.5 dB이하의 리플 진폭을 나타내고 있으나 전체적인 패턴 포락선은 $0^\circ, 180^\circ$ 부근에서 Null점이 형성되어 모노폴 방사패턴인 8자형 패턴에 가까운 특성을 나타내고 있다. 이 때 리플현상은 Co-planar 급전 구조의 접지면 협소에 의해 기인된 것으로 사료된다.

위의 E-plane, H-plane 패턴으로부터 전술의 Co-planar 급전 모노폴 안테나보다 안정된 모노폴 안테나 패턴 특성이 나타났음을 알 수 있다. 즉, 안테나의 상대적인 크기가 작아지면서 접지효과가 증대되

었다고 할 수가 있다. 따라서 본 안테나가 회로 기판 상에 작은 접지면을 확보하고도 충분히 모노폴 안테나 기능을 나타낼 수 있다고 할 수 있다.

2-3 적층형 칩 안테나

상층피복 칩 안테나에서의 결과를 토대로 최종적인 적층형 칩 안테나를 제작하였다. 앞의 상층 피복 칩 안테나의 경우 전면에 유전체를 위치시킨 것과 달리 이 안테나는 상하 모두 유전체로 피복한 것이다. 그 구조를 그림 8에 나타내었다. 여기서 최초상

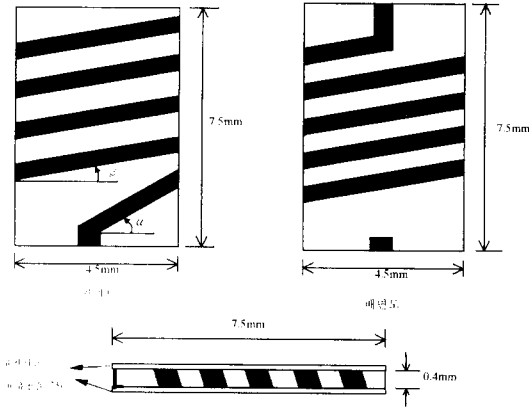


그림 8. 적층형 칩 안테나의 구조

Fig. 8. The structure of multi-layer type chip antenna.

승각 α 는 앞과 같이 28° 로 설정하였다. 또한 급전 구조 역시 앞의 경우와 동일한 치수를 갖는 Co-planar 급전구조를 채택하였다.

그림 8의 구조를 가진 적층형 칩 안테나의 반사손실 특성을 그림 9에 나타내었다. 측정 결과 중심 주파수 1.91 GHz에서 반사손실 27.36 dB; -10 dB 대역폭 76 MHz(3.97%)로 나타났다.

본 논문에서 제작된 적층형 칩 안테나의 특성을 비교하기 위해 타사제품(Murata사) 칩 안테나를 입수하여 특성을 측정·분석 비교하였다. Murata사 칩 안테나의 특성은 반사손실 30.87 dB, -10 dB 대역폭 63 MHz이며 비교 결과 본 논문에서 설계 제작된 적층형 칩 안테나가 13 MHz 더 넓은 광대역 특성을 갖고 있어 대역폭 면에서 우수함을 확인하였다.

적층형 칩 안테나의 방사패턴을 그림 10에 나타내었다. 좌표계는 그림 5(a)에 나타낸 것과 동일하다. 성능 비교를 위해 Murata사 제품의 칩 안테나의 방사패턴을 병행표기하였다.

그림 10(a)는 그림 5(a)의 좌표계를 기준으로 x-y면을 따라 y축 편파 성분을 측정된 패턴이다. 좌우 대칭적인 패턴을 형성하고 있으며 $\phi = 45^\circ, 150^\circ, 210^\circ, 315^\circ$ 에서 최대방사레벨을 나타내고 있는데 이것은 각 도선에서의 전류 위상의 합에 의한 결과라고 생각된다.

그림 10(b)는 x-y면에 따라 z축 편파 성분을 측정된 H-plane 패턴이다. 전형적인 모노폴 안테나의 특징인 양호한 전방향성 특성을 나타내고 있다.

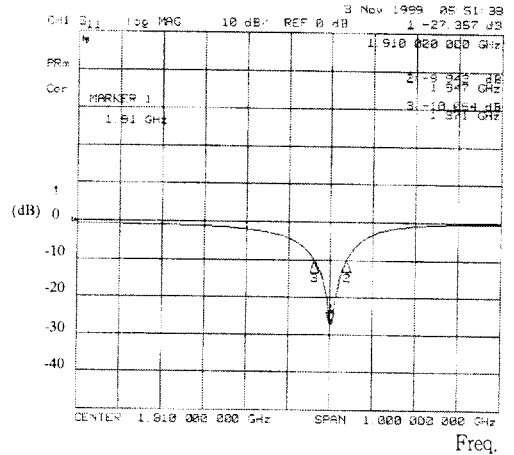


그림 9. 반사손실

Fig. 9. Returnloss.

그림 10(c)는 x-z면을 따라 y축 편파 성분을 측정된 패턴으로 $\theta = 210^\circ$ 를 중심으로 한 main lobe와 여러 개의 side lobe가 나타났다. $\theta = 180^\circ$ 부터 240° 까지에서의 방사레벨이 비교적 높은 이유는 이 각도 범위에서 접지면에 누설된 전류에 의한 영향이 크기 때문이라고 생각된다.

그림 10(d)는 x-z면을 따라 z축 편파 성분을 측정된 E-plane 패턴이다. $\theta = 90^\circ$ 부근에서 리플 현상이 일어나고 있지만 전체적으로 볼 때 전형적인 8자형 패턴을 나타내고 있으며 안테나 전면 $\theta = 90^\circ$ 에서의 이득은 약 -8.6 dBd로 나타내고 있다. 또한 그림에서 볼 수 있듯이 Murata사 제품 칩 안테나와 비교하여 거의 같은 패턴특성 및 이득을 가지고 있음을 알 수 있다.

한편 그림 10(a)의 $\phi = 0^\circ, 180^\circ$ 와 그림 10(c)의 $\theta = 90^\circ, 270^\circ$ 레벨, 그림 10(b)의 $\phi = 180^\circ$ 와 그림 10(d)의 $\theta = 270^\circ$ 의 레벨이 불일치한 것은 측정시의 안테나 최초 고정 위치 오차에 기인한 것으로 판단된다.

2-1절의 Co-planar 급전 모노폴 안테나, 2-2절의 상층 피복 안테나와 비교하여 본 절의 적층형 칩 안테나의 방사패턴은 상당히 안정된 패턴 특성을 나타내고 있으며 특히 E-plane과 H-plane 패턴은 전체적으로 볼 때 모노폴 안테나의 방사패턴과 상당히 유사하게 나타났다. 특히 비교대상으로서의 안테나인 Murata사 제품 칩 안테나와 비교할 때 구조적으

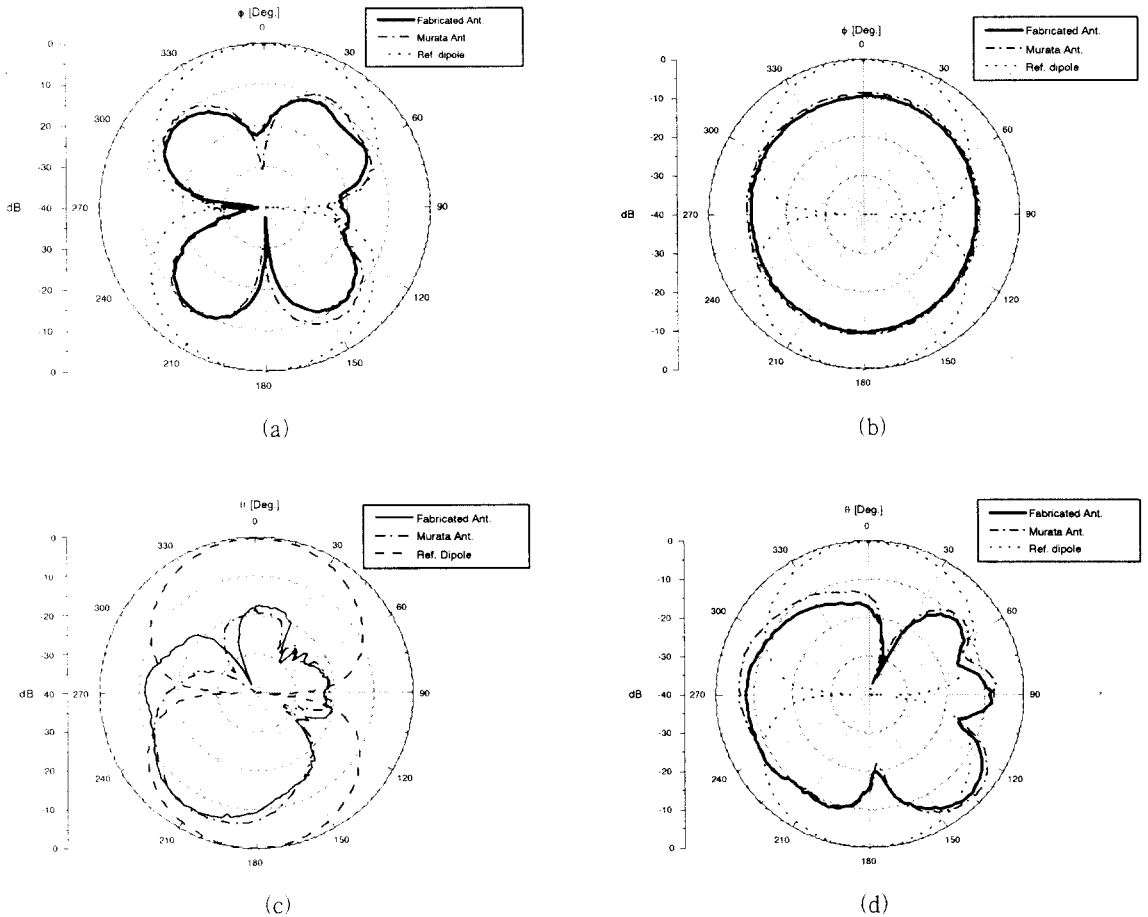


그림 10. 방사패턴. (a) x-y면 : y축 편파, (b) x-y면 : z축 편파, (c) x-z면 : y축 편파, (d) x-z면 : z축 편파
 Fig. 10. Radiation pattern. (a) x-y plane : y axis polarization, (b) x-y plane : z axis polarization, (c) x-z plane : y axis polarization, (d) x-z plane : z axis polarization.

로 단순하여 공정과정의 간략화로 대량생산시 유리하여 안테나의 높이가 약 1/2로 감소한 반면 이득과 방사패턴은 거의 동등한 수준으로 나타나 Murata사 제품보다 향상된 안테나라 할 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 먼저 co-planar 급전 모노폴 안테나를 접지면 크기에 따라 방사패턴을 측정하고 결과 접지면 크기가 클수록 접지효과가 증대될 수 있음을 확인하였다. 또한 직육면체형 세라믹 유전체 상에 co-planar 급전 반파장 모노폴 방사소자를 헬리컬 구조로 소형화된 상층 피복 유전체 칩 안테나를 설

계·제작하였다. 안테나의 크기는 7.5 mm×4.5 mm×0.8 mm로 co-planar 모노폴의 길이 35 mm의 약 1/5로 소형화되었다. 주파수 1.91 GHz에서 반사손실 34.23 dB, H면 평균이득 -7.43 dBd로 나타났으며 -10 dB 대역폭은 114 MHz로 이미 상용화된 일본 Murata사 제품의 칩 안테나보다 51 MHz가 넓은 광대역 특성을 나타내었다. 그러나 안테나 상하에 유전체로 피복하였을 때, 즉 적층형 칩 안테나의 경우 E면 패턴의 경우 θ 가 0°와 180° 부근에서 다소 심한 리플 현상을 나타내고 있으나 특성은 중심주파수 1.91 GHz에서 반사손실 27.36 dB, -10 dB 대역폭 76 MHz로 나타나 기존의 Murata사 상용화 칩 안테나의 대역폭 63 MHz보다 13 MHz 넓은 대역폭 특성을

나타냈으며 H면 평균이득 -9.43 dBd로 Co-planar 급전 모노폴 안테나의 H-면 평균이득인 -2.48 dBd 보다 약 7 dB정도 이득이 떨어졌지만 상용화 칩 안테나와 거의 동등한 성능을 나타내고 있는 반면 안테나의 높이가 약 1/2로 감소하였고 구조가 단순하여 대량생산에 유리하다. 따라서 본 논문에서 제작된 칩 안테나가 보다 향상된 칩 안테나라고 할 수 있다.

금후 보다 안정적인 E면 방사패턴과 전방향성 H면 방사패턴 특성과 안테나 이득의 향상 그리고 보다 넓은 대역폭 획득에 대해 연구할 계획이다.

이 종 환



1999년 2월: 충남대학교 전파공학과(공학사)
 1999년 3월~현재: 충남대학교 대학원 전파공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나

우 종 명



1985년 2월: 건국대학교 전자공학과(공학사)
 1990년 2월: 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1993년 3월: 일본, 니혼대학 전자공학과(공학석사)
 1996년 3월: 일본, 니혼대학 전자

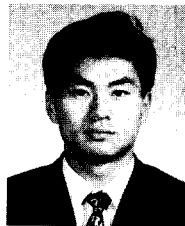
공학과(공학박사)

1996년 9월~현재: 충남대학교 전파공학과 조교수
 [주 관심분야] 안테나

참 고 문 헌

- [1] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory*, 2nd., pp. 505~512, John Wiley & Sons Inc., 1997.
- [2] Hisamatsu Nakano, *Helical and Spiral Antennas*, pp. 171~195, Research Studies Press, 1987.
- [3] John D. Kraus, *ANTENNAS(KOREAN STUDENT EDITION)*, pp. 173~216, McGraw-Hill, 1984.

김 현 학



1994년: 강릉대학교 화학과(공학사)
 1996년: 강릉대학교 화학과(공학석사)
 1996년~현재: 한국과학기술연구원 세라믹공정센터 연구원
 1997년~현재: 고려대학교 재료공

학과 박사과정

[주 관심분야] 고주파 유전재료 및 고주파 전자부품

김 경 용

1974년: 울산대학교 재료공학과(공학사)
 1976년: 고려대학교 재료공학과(공학석사)
 1983년: 노스캐롤라이나 주립대 재료공학과(공학박사)
 1984년: 플로리다 주립대 post. doc.
 1985년 5월~현재: 한국과학기술연구원 세라믹공정 연구센터 책임연구원

[주 관심분야] 고주파유전재료 및 고주파 전자부품