

## 적층구조를 갖는 미앤더라인 칩 안테나

남인현<sup>0\*</sup> · 박성호<sup>\*</sup> · 오태성<sup>\*\*</sup> · 안병철<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>(주)가인테크 · <sup>\*\*</sup>LG이노텍(주) · <sup>\*\*\*</sup>충북대학교

inhyun@gain-tech.com

## A Meander-Line Chip Antenna with Stacked Layer

In-Hyun Nam<sup>0\*</sup> · Sung-Ho Park<sup>\*</sup> · Tai-Sung Oh<sup>\*\*</sup> · Bierng-Chearl Ahn<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>GAINTECH Inc. · <sup>\*\*</sup>LG Innotek Co., Ltd. · <sup>\*\*\*</sup>Chungbuk National University

### Abstract

In this paper, a meander-line chip antenna with stacked layer is suggested, designed and fabricated employing the LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) fabrication techniques. To reduce the antenna chip size, the meander-line antenna strip is distributed over three layer. Layers one interconnected using via holes. A 2.4 GHz chip antenna with size of 3.75×7.9×1.0 mm<sup>3</sup> is designed and fabricated using the LTCC technique. Measurements of the fabricated antenna show 160 MHz bandwidth and 3.75 dBi maximum gain. The Measured reflection coefficient and radiation patterns agree well with the prediction by electromagnetic simulation.

Key words : Dielectric Antenna, W-LAN, Meander-Line Antenna, LTCC Antenna

### I. 서론

이동통신 휴대용 단말기 시스템의 수요가 급속도로 증가하고 있고 소형화되는 단말기의 경향에 발맞추어 단말기에 사용되는 안테나 역시 소형화, 경량화, RF시스템 내부에 집적화가 요구되고 있다.

물리적으로 소형인 안테나들은 대역폭이 협소한 단점에도 불구하고 높은 유전상수를 갖는 유전체 블럭에 1/4-파장 모노폴을 기반으로 헬리컬, 미앤더라인, 변형된 PIFA 형태의 방사체를 구현하는 안테나들이 주를 이루고 있다. 이

러한 고유전율 재료의 사용으로 인한 협대역 특성을 개선하기 위한 연구와 동시에 칩 형태의 소형 유전체 체적내에 방사도체의 전기적 길이를 최대한 증가시킴으로써 안테나를 소형화 하는 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[1]-[4]</sup>

최근 무선통신용 단말기는 다중밴드, 다기능의 수용 요구로 인하여 필연적으로 부품수가 증가하기 때문에 다수 층의 유전체 시트를 이용하여 유전체 시트 내부에 적층 구조로 수동소자를 구현하여 내장하고 능동부품을 실장하여 단일모듈화가 가능하며, 동시에 대량생산의 장점이 있는 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) 기

「본 연구는 정보통신부 정보통신 선도기반기술개발 사업의 연구결과로 수행되었음.」

솔관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 내장형안테나 분야에서도 이러한 LTCC 공정기술은 다양한 유전체를 조성 및 안정된 미세 선폭의 구현이 가능하여 안테나의 소형화와 대량생산으로 인한 제작단가의 절감, 모듈내부의 집적화가 가능한 경향으로 인해 최근 내장형 안테나의 관심 분야 중 큰 비중을 차지하고 있다<sup>[5]</sup>.

본 논문에서는 LTCC 공정기술을 이용하여 두께가 다른 다수의 유전체 시트를 이용하여 소형 유전체 블럭(유전상수=7.8)을 구성하고 구성된 유전체 블럭의 내부와 외부에 미앤더라인 구조의 방사패턴을 상, 중, 하층의 패턴으로 각각 분리하여 각 층간은 연결핀(via hole)을 통해 전기적으로 연결하는 적층구조를 갖는 칩 안테나를 제시한다. 또한 2.4 GHz 대역의 미앤더라인 칩 안테나를 설계한 후 LTCC 공정으로 제작하여 성능을 확인하였다.

## II. 본론

### 2-1 적층구조를 갖는 칩 안테나

그림 1에는 유전체 블럭에 미앤더라인 형태의 금속패턴이 인쇄되어 있는 일반적인 칩 안테나의 적용 예를 나타내었고 그림 2에는 본 논문에서 제안한 다층 미앤더라인 칩 안테나를 나타내었다. 그림 1(a), (b)에서 나타낸 일반적인 미앤더라인 패턴을 그림 2(b)에 나타낸 바와 같이 다수의 유전체 시트에 상, 중, 하층의 패턴으로 각각 분리하여 인쇄하고 분리된 각 층의 패턴은 그림 2(a)와 같이 연결핀을 통해 전기적으로 연결하므로 동일크기를 갖는 유전체 블럭의 체적 대비 방사도체의 전기적 길이를 연장하여 증가시킴으로써 공진주파수를 낮출 수 있게 된다.

그림 3에는 칩 안테나의 급전구조를 나타내었다. 급전구조는 두께가 1.0 mm인 FR4(유전상수=4.6) PCB기판상에 특성 임피던스 50Ω의 마이크로스트립선로 또는 접지된CPW(Coplanar Waveguide)선로를 이용하였다. 전체 기판크기는  $L=60$  mm,  $W=40$  mm,  $L_g=30$  mm,  $W_f=1.828$  mm  $W_g=1.562$  mm로 제작되었다. 또한 PCB기판의 급전부 끝단 접지면(GND)으로부터  $Sh=1.9$  mm의 간격을 두고 제작된 칩

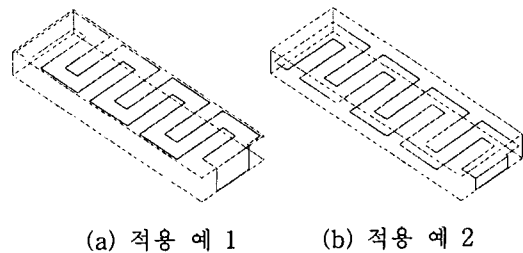


그림 1. 일반적인 칩 미앤더라인 안테나

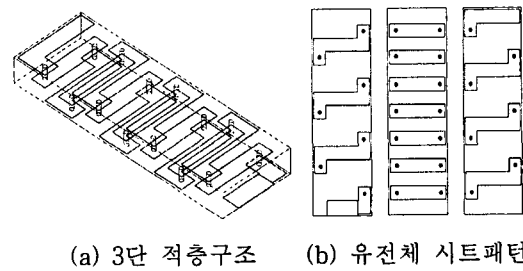


그림 2. 적층구조를 갖는 칩 안테나

안테나가 위치하게 되며, 이는 그라운드면에 수직으로 서있는 1/4-파장 모노폴 안테나와 유사하다.

그림 4는 그림 1의 안테나와 본 논문에서 제안한 적층구조를 갖는 미앤더라인 칩 안테나의 공진주파수 특성 비교를 위해 동일한 크기의 유전체 블럭( $3.5 \times 10.9 \times 1.0$  mm<sup>3</sup>)에 방사전극이 선폭(Pw)과 선간폭(Pg)을 갖고 규칙적으로 배열되어 있는 구조를 평면상에 비교 하여 나타내었고 또한 이에 대한 공진주파수 특성을 나타내었다. 그림 4(a, b)는 그림 1(a), (b)에 나타낸 안테나와 같이 미앤더라인 패턴이 유전체 블럭의 상단

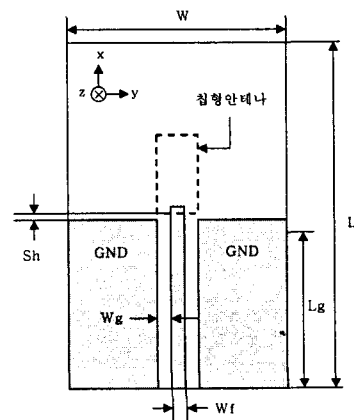


그림 3. 칩 안테나의 급전구조

과 중단에 각각 위치한 칩 안테나의 구조로 Pw와 Pg가 0.7 mm의 크기를 갖는다. 그림 4(c)는 그림 4(a, b)와 동일한 Pw, Pg를 갖고 방사전극이 유전체 블록에 그림 2(a)와 같이 3단으로 분리된 구조이다. 또한 분리된 방사전극이 겹쳐지는 부분의 중심에 원형으로 표시된 연결핀으로 전기적으로 연결된다. 그림 4(d), (e)는 각각 Pw는 동일하나 Pg를 그림 4(c)대비 1/2, 0로 감소시켜 적층한 구조이다. 이는 적층 구조이기에 구현이 가능하며, 평면상에서의 미앤더라인 패턴은 선폭인 Pg가 0이 될 수 없으나 적층구조로 가로방향 인접패턴을 수직으로 분리하여 구현하므로 가능하게 된다. 그림 4(f)에는 특성비교에 사용한 각 경우의 안테나 반사계수 특성을 나타내었다. 공진주파수 및 반사계수 특성의 확인은 상용 RF 구조해석 툴인 HFSS(Ansoft)를 사용하였다. 계산결과 그림 4(e)의 경우와 같이 적층구조를 구현하여 유전체 블록의 내부와 외부에 방사도체의 전기적 길이를 최대로 연장 하였을 때 그림 4(a, b)의 일반적인 구조보다 약 600~700 MHz 공진주파수를 하향 이동시키는 경향을 보였다. 공진주파수가 낮아지면서 대역폭이 감소하는 경향을 보이지만 2.4 GHz 대역의 경우 VSWR<2 기준 주파수범위가 2,310~2,660 MHz로 이는 무선랜 및 블루투스 응용 주파수 대역을 충분히 포함하며 대역폭 350 MHz로 비교적 광대역 특성을 보임을 확인할 수 있었다.

### 2-2 무선 랜(2.4 GHz)용 안테나 설계

2-1절에 언급한 적층구조를 갖는 미앤더라인 칩 안테나의 특성을 검증해보기 위해 무선 랜(2.4 GHz)용 안테나를 설계, 제작하고 그 특성을 평가해 보았다. 제작에 사용된 안테나는 칩 안테나 유전체 블록의 최초 급전연결부 위치에 따라 그림 5 (a), (b)와 같이 A, B형의 두 가지 모델을 설계하였다. 하나는 PCB기판의 급전선에 칩 안테나의 최초 급전연결부를 연결핀을 통해 연결한 구조이고 다른 하나는 PCB기판의 급전선과 칩 안테나의 최초 급전연결부가 직접 연결된 구조이며, via1, 2는 각 층간 금속패턴을 연결하는 연결핀으로 직경은 0.2 mm이다. 또한 방사도체는 선폭(Pw)이 0.7 mm이며 평면

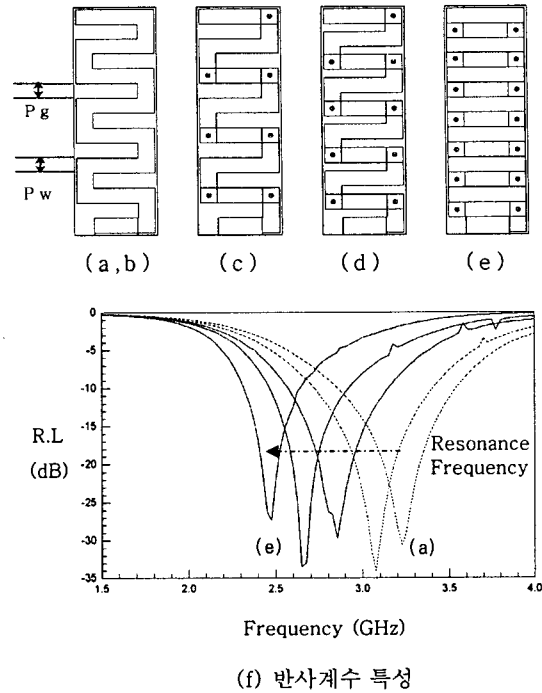
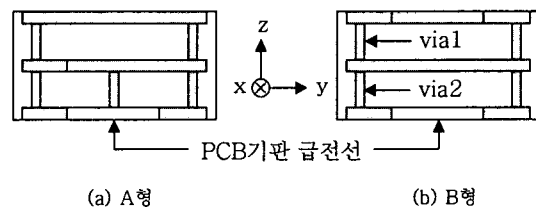


그림 4. 제안된 칩 안테나의 평면도 및 반사계수 특성 비교

상에서 바라다본 선간 폭(Pg)은 0.0 mm이다. 이 때 동일한 공진주파수 특성을 갖도록 설계된 유전체 블록의 크기는 각각 3.75×7.9×1.0 mm<sup>3</sup>, 4.2×9.3×1.0 mm<sup>3</sup>로 칩 안테나의 최초 급전부 위치에 따라 가로축에 대한 세로축의 크기 비율(x:y)이 1:2 수준에서 설계되었다. 방사도체의 최외각은 유전체 블록의 최외각으로부터 0.1 mm 마진(offset)을 두고 안쪽에 배열되어있다.

설계된 안테나는 LG이노텍(주)의 협력으로 Dupont사의 951 Green Sheet LTCC 공정기술<sup>[6]</sup>을 이용하여 제작되었다.

그림 6(a), (b)에 그림 5(a), (b)에 나타낸 A, B형 급전구조에 대한 안테나의 반사계수 특성을 시뮬레이션에 의한 계산치와 측정치를 비교하여 나타내었다. A, B형 안테나의 실 측정 대역폭은



(a) A형 (b) B형

그림 5. 칩 안테나 급전연결부 방식

각각  $VSWR < 2$ 를 기준으로 약 160 MHz, 200 MHz인 특성을 보이며, 실제 측정치는 시뮬레이션에 의해 계산된 대역폭과 다소 차이를 보이지만 대체적으로 유사한 경향을 보임을 확인할 수 있었다. 또한 연결핀을 통해 급전부의 높이를 높인 A형 안테나에 비해 PCB기판의 급전선을 칩 안테나의 급전연결부에 직접 연결한 B형 안테나가 반사계수 특성개선 및 대역폭 확보에 더 유리한 특성을 보임을 확인할 수 있다. 그러나 크기면에서는 A형 안테나가 소형화에 더 유리하다. 그림 4에 나타난 기본 모델 ( $x:y=1:3$ )에 비해 제작된 안테나는 유전체 블록의 가로축 방향으로 길이를 늘이고, 세로축 방향으로 길이를 축소한 형태( $x:y=1:2$ )로 반사계수 특성 및 대역폭의 감소 경향이 있다. 실제로 이 같은 미앤더라인 안테나는 유한한 크기의 접지면을 기본으로 수직으로 서있는 1/4-파장 모노폴 안테나와 같은 동작을 하기 때문에 안테나 크기를 결정하는 유전체 블록의 x, y방향 크기의 비를 적절히 조절하면, 향후 반사계수 특성과 대역폭을 개선될 수 있다고 판단된다.

그림 7(a), (b)는 각각 시뮬레이션에 의해 계산된 A형 안테나의 방사패턴과 제작된 안테나의 측정된 방사패턴을 나타낸 그림이다. 그림 7(a)의 시뮬레이션 결과로부터 적층구조를 갖는

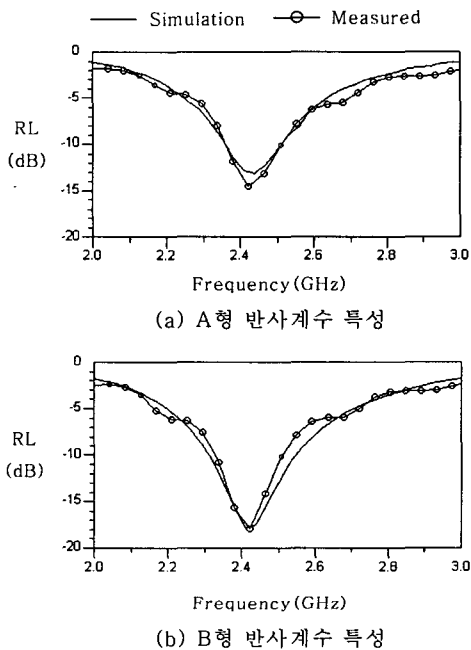


그림 6. A, B형 안테나의 반사계수 비교

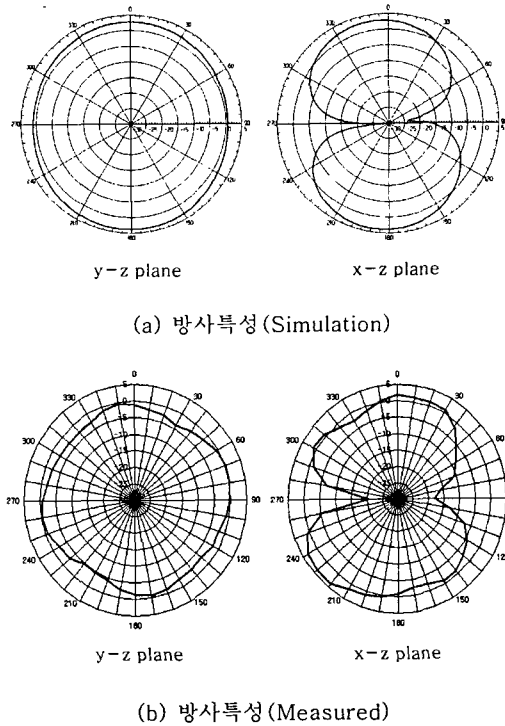


그림 7. 제안된 안테나의 방사패턴 특성 비교

제안된 안테나는 약간의 좌, 우 비대칭 특성을 보이나 y-z plane에 대해서는 전 방향으로 무지향성(omni-directional)인 특성을 갖고, x-z plane에 대해서는 8자 모양인 모노폴 안테나와 유사한 패턴특성을 보임을 확인할 수 있다. 이때 최대이득은 3.6 dBi이다. 그림 7(b)에 나타난 제작된 칩 안테나의 방사패턴은 충북대학교 전자파 무반사실에서 측정하였다. 측정된 패턴특성은 y-z plane, x-z plane에 대해 비교적 그림 7(a)의 시뮬레이션 특성과 유사한 경향을 보임을 확인할 수 있었다. 이때 최대 이득은 각각 0.18, 3.75 dBi이다.

제작된 두 종류의 칩 안테나 앞, 뒷면과 PCB 기판의 급전부에 장착된 사진을 그림 8에 나타

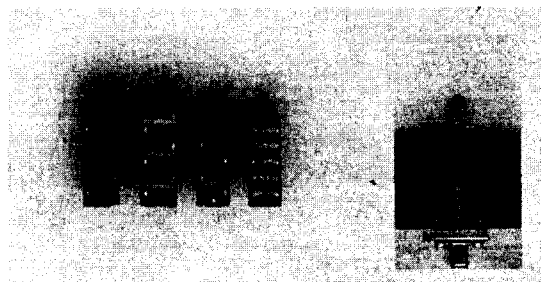


그림 8. 적층구조형 미앤더라인 안테나 사진

내었다. 일반적으로 PCB기판의 급전선으로는 마이크로스트립선로보다 접지된CPW선로가 칩 안테나의 특성에 우수한 것으로 알려져 있으나 제작된 안테나의 경우 측정값에 큰 차이를 보이지 않는 경향이 있어 응용모듈에 쉽게 적용이 가능한 마이크로스트립라인 급전을 사용하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 이동통신 휴대장치에 내장이 가능한 칩 안테나로, LTCC 공정기술을 이용하여 유전체 블럭(유전상수=7.8)의 내부와 외부에 미앤더라인 패턴을 수직, 수평방향으로 분리, 적층하여 동일 유전체 블럭의 체적 대비 금속 패턴의 전기적 길이를 연장하므로 공진주파수를 낮추는 방법을 제안하였다. 제안된 안테나는 무선 랜 및 블루투스 대역을 충분히 포함하는 VSWR<2 기준 주파수가 2,310~2,660 MHz로 350 MHz의 광대역 특성을 보였으며 이때 체적은 0.038 cc이었다. 또한 설계된 안테나의 특성을 검증해보기 위해 급전 위치를 달리하고 x, y방향 크기를 변경한 2.4 GHz 대역의 두 가지 안테나(0.030, 0.039 cc)를 설계 및 제작 하였다. 이때 두 안테나의 VSWR<2 인 주파수는 2,360~2,520 MHz, 2,320~2,520 MHz이었으며, 방사패턴은 기본을 이루는 모노폴 안테나의 형태와 유사하고 최대 3.75 dBi의 방사이득을 가짐을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [1] 이종환, 우중명, "PCS용 표면 실장형 칩 유전체 세라믹 안테나 설계", 한국전자파학회 논문지, 11권 1호, pp. 55-62, 2000년 1월.
- [2] 문정익, 박성욱, 이덕재, 왕영성, 이충국, "소형 고이득 Bluetooth용 칩형 유전체 안테나 설계", 한국전자파학회논문지, 12권 6호, pp. 983-993, 2001년 10월.
- [3] 심성훈, 강종윤, 박용욱, 윤석진, 윤영중, 김현재, "IMT-2000단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계", 한국전자파학회논문지, 13권 3호, pp. 301-306, 2002년 3월.
- [4] Mingyan Fan, Zhenghe Feng and Xuexia Zhang, "Dual frequency double-branch printed inverted-F antenna", 2002 Antenna and propagation society international symposium, vol. 3, pp. 208-511, 2002
- [5] 표철식, 정영준, 전순익, 최재익, 김창주, 채종석, "차세대 무선통신 단말기용 RF 시스템 단일 칩 및 패키지(FR-SOC & SOP)집적 안테나 기술 동향", 한국전자파학회논문지, 14권 2호, pp. 55-67, 2003년 4월.
- [6] <http://www.dupont.com/mcm/product/tape.html#951>