

## 다수의 도체 비어로 형성된 캐비티가 있는 마이크로스트립 패치 안테나

변우진<sup>o</sup>, 김봉수, 은기찬, 김광선, 송명선  
한국전자통신 연구원 디지털 방송단  
wjbyun@etri.re.kr

### Microstrip Patch Antenna with a Metal Cavity Using Conducting Vias

Woojin Byun, Bong Soo Kim, Ki Chan Eun, Kwang Sun Kim, Myung Sun Song  
Advanced Radio Technology Department, Electronics and Telecommunications Research  
Institute, 161 Gajeong-Dong, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-350

#### Abstract

This paper presents the design and fabrication of a cost effective and broad band 8x8 stacked patch array antenna which are backed by a metal cavity operating at 40GHz based on 4 layers LTCC technology. Gain of antenna can be enhanced by using a metal cavity, which can be easily implemented by using LTCC substrates and vias. The broadband performance can be obtained by varying the dimension of patch and the number of layers. Furthermore, to keep the feeding network as small as possible and reduce radiation from feeding network a mirrored patch orientation and embedded micro strip line are adopted. The fabricated antenna is 40x45x0.4 mm<sup>3</sup> in size. It shows gain 20.4dBi, beam width 10.7deg and impedance bandwidth of 10dB return loss 3.35GHz (40.9~44.25 GHz), which is about 8% of a center frequency.

**Key words :** Array antenna, LTCC, Millimeter wave

#### I. INTRODUCTION

광대역 데이터 전송과 차량용 충돌 방지 장치와 같은 응용을 위한 밀리미터파 대역에서의 기술 개발이 계속해서 이루어지고 있다. 하지만, 밀리미터파 대역의 사용이 범용화 되지 못하는 문제점 중의 대표적인 이유는 가격이 비싸고, 크기가 크다는 것이다.

이런 것을 극복하기 위하여, LTCC (Low Temperature Co-fired Ceramics) 다층 기술이 저가, 소형 모듈 구현을 위한 방법으로 연구되어 왔다. 이 기술은 3차원 적층이 가능한 구조이기 때문에 단일 패키지 내에 캐패시터, 저항 및 인덕터 등 수동 소자 형성, 디지털 및 아날로그 회로 구현, RF 및 초고주파와 밀리미터파 대역의 회로 구현 등 다양한 기능들을 집적시킬 수 있어서 소형화, 저가격화가 가능한 다층 기술이다.

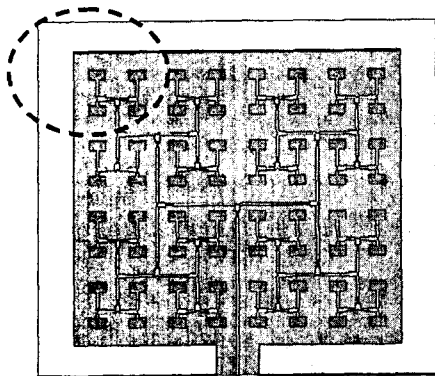
최근에, LTCC를 이용하여 안테나를 송수신 모듈과 집적화 시키는 연구도 많이 진행되어왔다 [1]-[3]. 그러나, LTCC는 유전율이 높아서 IEEE 802.16 FWA(Fixed Wireless Access)의 40.5~43.5GHz대역에서 동작하는 3GHz대역폭의 규격을 만족 시키는 것은 어렵다[4]. 게다가, 안테나에 급전하기 위한 급전선은 많은 불연속을 가지고 있으므로, 그 불연속에 의한 복사 및 surface wave 손실이 주파수가 증가함에 따라서 커진다 [5]-[6].

본 논문에서는, 도체 비어로 형성된 캐비티가 8x8 적층된 마이크로스트립 패치배열 안테나에 미치는 영향을 분석한다. 동작 주파수는 40GHz이고, 4층 LTCC 기판을 사용한다. 캐비티가 존재함으로써 마이크로스트립 안테나의 이득이 0.5dB만큼 증가함을 시뮬레이션으로 증명하였다. 광대역

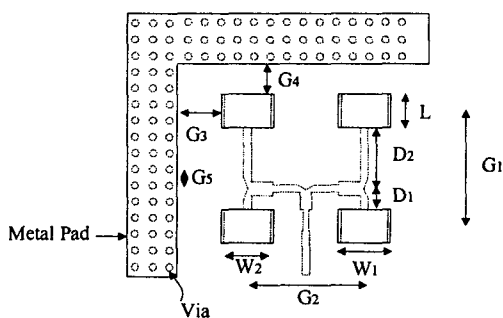
특성은 층의 수와 패치의 크기를 조정함으로써 얻어질 수 있다. 더구나, 급전선의 길이를 작게 하고, 급전선의 불연속에 의한 복사 손실을 줄이기 위하여 mirrored 패치와 embedded 마이크로스트립 전송선을 사용한다. 제작된 안테나는  $40 \times 45 \times 0.4 \text{ mm}^3$ 의 크기를 가지며, 안테나의 이득은 42.5GHz에서 20.4dBi, 10dB 반사계수의 임피던스 대역폭은 약 8%인 3.35GHz (40.9~44.25GHz)로 측정되었다.

## II. 8x8 적층 배열 안테나의 모양

안테나의 설계는 Dupont LTCC 기판인 DP-943을 사용하였다. 기판의 유전율은 7.1이며, 유전 손실은 40GHz에서 0.002이고, 윗면의 도체는 금을 그리고, 나머지 층은 은으로 프린팅 되었다.

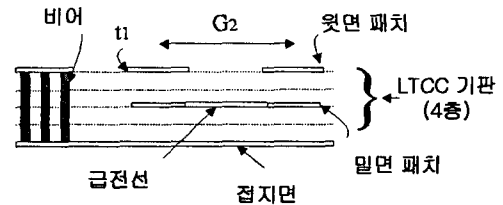


(a) 8x8 적층 배열 안테나의 평면도



(b) 그림 1(a)의 좌상 부분의 평면도

그림1에서 보이는 것처럼, 안테나 설계는 4층의 LTCC를 사용하였고, 각 층의 높이는 100um이다. 밑면의 patch는 접지 면과의 사이에 두 층(즉, 200um)의 유전체를 사용했고, 그 위의 두 층 위에 윗면의 패치가 존재하는 형태로 적층 안테나를 설계하였다.



(c) 그림 1(a)의 좌상 부분의 측면도

그림. 1. 도체 비어로 형성된 캐비티를 가지는 8x8 적층 배열 안테나의 구조

신호는 embedded 마이크로스트립 전송선을 통하여 적층된 패치 안테나의 밑면의 패치로 급전된다. 밑면의 패치와 윗면의 패치는 약간 상이한 공진 주파수를 가짐으로써 대역폭이 증가하는 효과를 얻을 수 있다. 배열 안테나는 8x8 이며, 각각의 패치 사이의 거리 ( $G_1=G_2$ )는 4mm 이고, 윗면과 밑면 패치의 크기  $W_1, W_2$  그리고, L은 각각 1.6mm, 1.8mm, 1.06mm이다. 도체의 두께  $t_1$ 은 10um이다.

배열 안테나는 도체 비어로 만들어진 큰 금속 캐비티 내에 형성이 되었다. 금속 캐비티의 윗면의 금속면 (top metal pad)과 복사(radiating) edge, 그리고, 비 복사(non-radiating) edge와의 거리는  $G_3=G_4$ 이다. 비어와 비어의 간격  $G_5$ 는 근사적으로 완전한 도체를 만들어야 하므로 최대한 좁아야 한다. 따라서, LTCC 공정의 한계인 400um로 설정하였다.

급전선 손실은 기판과 도체 손실, 복사손실 및 surface wave 손실에 의하여 결정된다. 따라서, 급전선의 손실을 가급적 작게 하기 위하여, mirrored 패치를 사용한다. 이 방법은 원래 패치와 mirrored 패치와의 거리를 180도 만큼 위상 차이가 나도록 하기 위하여  $D_2=D_1+\lambda_g/2$ 가 되도록 한다. 따라서, 이 구조를 사용함으로써, 패치의 신호 급전을 위한 불연속이 많이 줄어들게 된다.

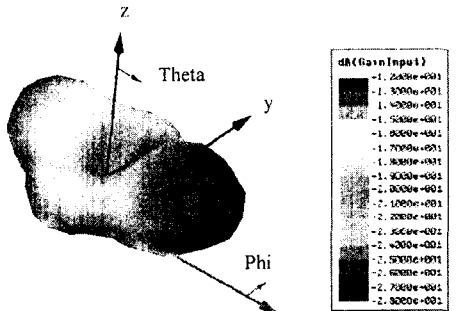
## III. 시뮬레이션 및 측정 결과

그림1에서 제안된 안테나는 CST MW studio 5.0과 Empire로 시뮬레이션하였다. 캐비티를 사용하였을 때와 하지 않았을 때의 안테나의 이득 변화의 시뮬레이션 결과가 표1에서 보여진다.

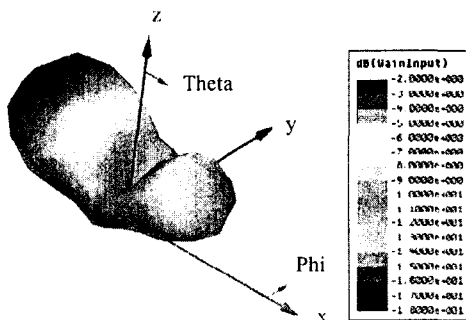
표 1. 배열 안테나의 이득 변화에 대한 시뮬레이션 결과 (@ f= 42.5GHz)

	$G_3=G_4$	Gain (dBi)
캐비티 존재	1.40mm	20.8dBi
캐비티 존재	0.35mm	20.1dBi
캐비티 없음	-	20.3dBi

급전선의 손실을 최대한 줄이기 위하여 기판의 윗면에 전송선을 위치시키고, 선폭은 크게 하여야 한다. 하지만, 전송선에 의한 복사도 고려하여야 하므로, 손실과 전송선에 의한 원하지 않는 복사 특성을 비교하는 것이 필수적이다. 전송선이 윗면에 있을 경우 300um의 폭을 가진 전송선의 손실은 28dB/m이고, 전송선이 embedded 된 경우 전송선의 손실은 42dB/m이다. 하지만, 그림 2는 2x2 배열 안테나를 급전하기 위한 급전선에 대한 복사 특성을 시뮬레이션한 결과를 보여준다. 그림 2(a)는 embedded 전송선의 복사 특성이며, 최대 복사 크기는 -11dB이다.



(a) Embedded 전송선



(b) 윗면에 형성된 급전선

그림. 2 2x2 배열 안테나의 급전선에 대한 복사 특성 시뮬레이션 결과 (a) 최대 -11.6 dB (b) 최대-1.5 dB

그림 2(b)는 기판의 윗면에 있는 전송선의 복사 크기이며, 최대 복사 크기는 -1.5dB이다. 그림으로부터, embedded 전송선의 복사 크기가 기판의 윗면에 형성된 전송선에 비하여 매우 작다는 것을 확인할 수 있다.

그림 3은 LTCC로 제작된 도체 비어로 형성된 금속 캐비티와 함께 구현된 8x8 마이크로스트립 패치 배열 안테나(크기 : 40x45x0.4 mm<sup>3</sup>)를 보여준다. 도체면으로 동작하기 위한 단락된 벽면을 형성하기 위한 비어와 비어의 거리는 400um이다.

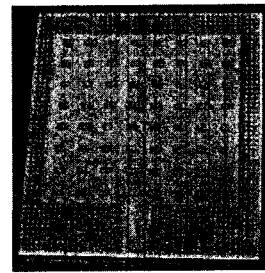


그림. 3 LTCC로 제작된 8x8 적층 배열 안테나의 사진

그림 4는 제작된 배열 안테나의 반사 손실에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과를 보여준다. 주파대역이 높은 대역으로 약간 이동하였지만, 거의 비슷한 경향을 보여준다.

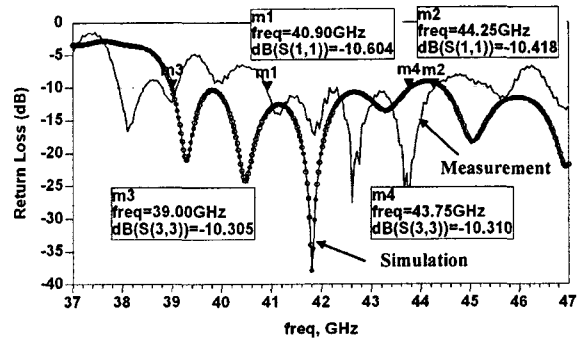
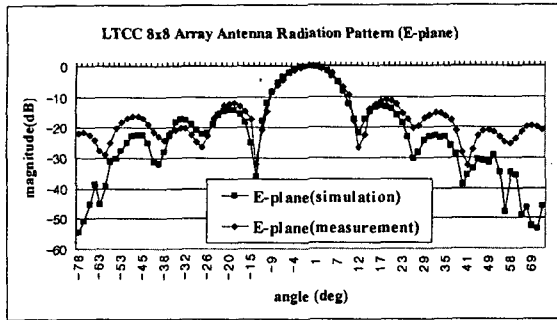


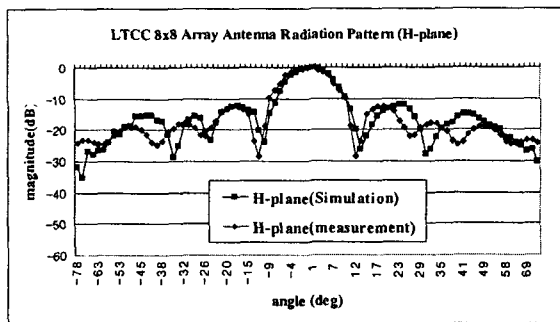
그림. 4 LTCC로 제작된 8x8 배열 안테나의 반사 손실에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과

그리고, 10dB 삽입 손실 미만의 임피던스 대역폭은 약 8%이며, 3.35GHz (40.9~44.25GHz)이다. 시뮬레이션 결과(4.75GHz)와 측정 결과 사이에 약간의 차이가 있는데, 이는 LTCC 제작의 오차에 기인하는 것으로 보여진다. 측정은 Anritsu 37397C VNA를 이용하였다.

그림 5는 42.5GHz에서의 E plane과 H plane에 대한 복사 패턴을 보여준다. 측정된 빔 폭은 약 10.7도이고, 이득은 20.4dBi이다.



(a) E-plane



(b) H-plane

그림 5. LTCC 8x8 적층 배열 안테나의 복사 패턴에 대한 시뮬레이션 및 측정 결과(@42.5GHz)  
(a) E-plane (b) H-plane.

#### IV. 결론

본 논문은 저 가격으로 대량 생산이 가능한 LTCC 기판을 사용하여 40GHz 대역에서 동작하는 광대역 8x8 적층 배열 안테나를 설계하고 제작하였다. LTCC 기판은 4층을 사용하였고, 도체 비어로 형성된 금속 캐비티가 안테나의 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션으로 분석하였다. 급전선으로부터의 복사 및 surface wave 손실을 줄이기 위하여, mirrored 패치와 embedded 마이크로스트립 전송선을 사용하였다.

배열 안테나의 복사 패턴, 반사 손실 및 이득을 측정하였으며, 시뮬레이션 결과와 비슷함을 보였다.

#### 참고 문헌

- [1] Holzwarth, S., Kulke, R. and Kassner, J., "Integrated stacked patch antenna array on LTCC material operating at 24 GHz [automotive radar applications]," *Antennas and Propagation Society Symposium, IEEE*, pp. 1583 - 1586, vol.2, June 2004
- [2] Yong Huang, Ke-Li Wu, Da-Gang Fang and M.Ehlert, "An integrated LTCC millimeter-wave planar array antenna with low-loss feeding network," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 53, issue 3, pp. 1232 - 1234, March 2005.
- [3] RongLin Li, G.DeJean, Moonkyun Maeng, Kyutae Lim, S.Pinel, M.M.Tentzeris. and J.Laskar, "Design of compact stacked-patch antennas in LTCC multilayer packaging modules for wireless applications," *IEEE Trans. Advanced Packaging*, vol.27, issue 4, pp. 581 - 589, Nov. 2004.
- [4] B.S.Kim, J.W.Lee, K.S.Kim, and M.S.Song, "PCB substrate integrated waveguide-filter using via fences at millimeter-wave," *Microwave Symposium Digest, 2004 IEEE MTT-S International*, vol.2, pp. 1097 - 1100, Jun., 2004.
- [5] H.Wang, Y.Ji, T.H.Hubing, J.L.Drewniak, T.P.van Doren and R.E.DuBroff, "Experimental and numerical study of the radiation from microstrip bends," *Electromagnetic Compatibility, 2000. IEEE International Symposium on*, vol. 2, pp. 739 - 741, Aug., 2000
- [6] T.S.Horng, S.-C.Wu, H.-Y.Yang and N.G.Alexopoulos, "A generalized method for distinguishing between radiation and surface-wave losses in microstrip discontinuities," *IEEE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 38, issue 12, pp. 1800 - 1807, Dec 1990