

LTCC 공정을 이용한 K/Ka 대역에서의 송수신 겸용 L 형태 원형편파 안테나

오민석· 천영민· 김성남·최재익** 표철식** 이종문* 천창율*
 서울시립대학교* 한국전자통신연구원

Design of TX/RX broadband L-type circular polarization Antenna using LTCC at K/Ka band

Minseok Oh* Youngmin Cheon* Sungnam Kim* Jaeick Choi** Cheolsig Pyo** Jongmoon Lee**
 Changyul Cheon**

UUniversity of Seoul* Electronics and Telecommunication Research Institute**

Abstract - The TX/RX broadband L-type circular polarization antenna using LTCC at K/Ka band has been presented. This antenna has been analyzed in compensation for LTCC with relative permittivity 5.2 and could have been integrated with RF component. As the measured 10dB impedance circular polarization bandwidth of the proposed antenna is 7%(20.8GHz~22.2GHz) at the K band and 2.3%(30.9GHz to 31.6GHz) at the Ka band. Also the gain of the antenna is -0.7~3.05dBi at the K band and -2.8~1dBi at the Ka band. The purpose of the research is to design an efficient antenna structure for satellite communication at K/Ka band, the antenna should be used for both TX and RX frequency bands. The antenna will be mounted on LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) so that it can be integrated with other RF circuits. This research is important because of the following reasons. 1) The frequency ranges of satellite communication tends to move up to higher frequency such as Ka band or millimeter wave band. 2) Design of antenna for smaller size, lighter weight and less loss is preferred by most RF engineers. 3) Antennas on LTCC enables to integrate the antenna with other RF circuits, and thus, one can reduce the size and loss of the RF system.

선택하여야 한다. 둘째는 두 개의 공진모드가 형성되어야 하고 각각의 크기는 같고 위상이 90°차이가 나야만 한다. 이러한 조건을 만족시키기 위해 크기가 같은 두 개의 선형편파에 90°의 위상차가 생기도록 하는 구조를 착안하였다. 그리고 이러한 구조로서 그림1 과 같은 구조를 선택하였다. 이 구조는 안테나를 높여서 L형태로 구부린 형태이고 안테나의 변형을 이용하여 원형편파 안테나를 구현한 구조이다.[2] 따라서 안테나를 높히므로 다층구조 공정에 알맞게 하였고 L형태로 구부리므로 크기가 같고 위상이 90°차이 나도록 하여 원형편파가 되기 위한 조건을 만족하였으며 LTCC공정으로 구현하기에 알맞도록 구현하였다.[3]

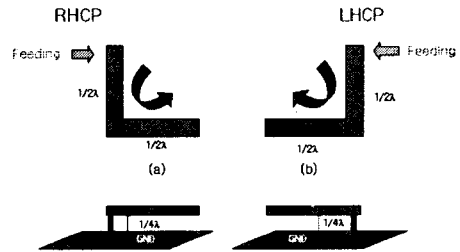


그림 1. L형태 안테나의 구조 및 급전
 Fig. 1. Geometry and feeding of L type antenna

1. 서 론

위성통신에 관한 수요가 증가하고 발달함에 따라 그에 맞는 안테나 개발이 시급하다. 또한 기존에 Ku대역에서 수행되던 위성통신 및 위성방송의 주파수 대역이 향후 K/Ka대역으로 이동할 전망으로 그에 맞는 위성 안테나 개발이 필연적으로 다가오고 있다. 본 논문에서는 K/Ka 대역에서 안테나의 소형화와 집적화를 이루기 위해 적층형 방식을 이용하는 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic)공정을 이용하였다. 안테나 구조로는 모노폴 안테나를 구부린 형태를 취하였으며 이는 구부림으로서 실제 LTCC공정으로 구현함에 있어 가능하게 하였고 L형태를 취함으로써 원형편파가 이루어지도록 하였다. 또한 간단한 구조를 구현함으로써 LTCC상에서 발생하는 공정오차와 손실을 줄일 수 있도록 본 구조를 제시하였다. L형태의 원형편파 안테나는 K대역에서 원형편파 대역이 20GHz~21.5GHz, 격리도는 20dB이상, 이득은 4~5.5dBi를 가지며 Ka대역에서 원형편파 대역이 30GHz~31.5GHz, 격리도는 20dB 이상, 이득은 1.38~3.67dBi를 얻었다.[1]

그림1과 같이 급전부와 연결된 안테나에서 첫 번째 공진 모드가 생성되고, 그 다음 90°짜인 안테나에서 두 번째 공진 모드가 형성된다. 여기서 크기가 같은 두 개의 공진모드를 구현하기 위해서 L형태의 구조에서 끝은 라인의 길이가 같도록 설계하였다. 따라서 두 개의 크기가 같고 위상이 90°차이가 나는 공진모드를 형성하여 원형편파 조건을 형성하였다. 또한 원형편파 안테나를 이용한 송수신간에는 전계가 어느 한쪽 방향으로 형성하면서 진행하므로 송신과 수신에서 각각 전계 방향이 다르게 된다. 즉 송신에서 RHCP로 신호를 보내면 수신에서는 LHCP로 받아야만 송신신호를 받을 수 있다. 따라서 원형편파 안테나를 이용한 송수신간에는 RHCP, LHCP 두가지의 타입이 필요하다.[4] 이러한 두 타입의 구조는 그림2에서와 같이 급전부를 어디에 하는가에 따라 결정된다. 그림1(a)와 같이 L타입의 위쪽에 급전을 하면 RHCP가 발생하고, 그림1(b)와 같이 L타입의 아래쪽에 급전하면 LHCP가 발생한다.

2. 본 론

2.1 안테나 설계 및 제작

LTCC 공정을 이용한 원형편파 안테나를 설계하기 위해서는 다음과 같은 조건들이 만족되어야 한다. 첫째는 전체적인 안테나 구조가 LTCC공정에 맞는 다층구조를

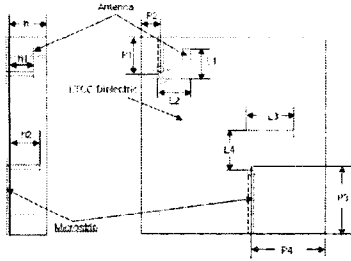


그림 2. 시뮬레이션상에서의 LTCC ($\epsilon_r = 5.2$) 공정을 이용한 L형대역 원형편파 안테나

Fig. 2. L type broadband circular polarization antenna using LTCC ($\epsilon_r = 5.2$) progress in the simulation

이러한 기본 원리를 바탕으로 본 안테나의 시뮬레이션은 Microwave-studio (CST4.0)를 이용하여 $\epsilon_r = 5.2$ 이고 전체 크기 $10 \times 9.8 \text{mm}$ 로 설정하고 각각 안테나의 길이는 $\lambda/2$ 로 안테나와 기판 사이의 두께는 $\lambda/4$ 를 기준으로 설정하고 CST를 통해 $h = 1.75 \text{mm}$, $h_1 = 1.15 \text{mm}$, $h_2 = 1.45 \text{mm}$, $L_1 = 1.541 \text{mm}$, $L_2 = 1.776 \text{mm}$, $L_3 = 2.551 \text{mm}$, $L_4 = 2.016 \text{mm}$, $P_1 = 2.2 \text{mm}$, $P_2 = 1.3 \text{mm}$, $P_3 = 3.39 \text{mm}$, $P_4 = 4 \text{mm}$ 와 같은 최적의 값을 얻어 설계하였다

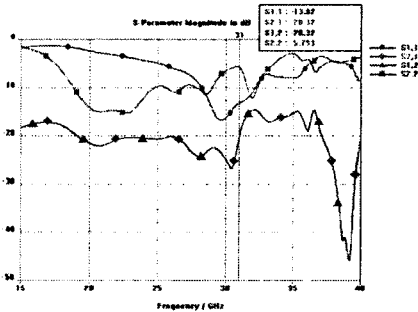


그림 3. 시뮬레이션에서의 LTCC안테나의 반사손실
Fig. 3. Return loss of the LTCC antenna in the simulation

또한 그림3에서 송수신 겸용 LTCC 안테나의 격리도는 K대역($20 \text{GHz} \sim 21 \text{GHz}$, LHCP)와 Ka대역($30 \text{GHz} \sim 31 \text{GHz}$, RHCP)에서 각각 20dB이상 되는 것을 알 수 있다. 이에 대한 시뮬레이션에서 안테나의 원형편파 대역과 이득은 표1과 같이 얻었다.

표 1. 시뮬레이션에서 LTCC 안테나의 원형편파 대역, 이득
Table 1. Circular polarization bandwidth and gain of LTCC antenna in the simulation

	원형편파 대역(GHz)	이득(dBi)
K대역	19.8~22.5($\Delta 2.7$)	5.7~6
Ka대역	28~31.2($\Delta 3.2$)	2.7~4.1

2.1 안테나 제작 및 측정결과

그림4은 시뮬레이션에서 얻은 수치를 가지고 LTCC 공정을 이용해 실제로 제작한 안테나이다. 실제공정으로 만들어진 안테나의 수치와 설계치의 비교는 표2에 나타내었다.

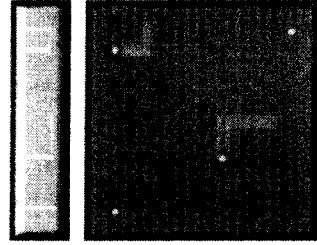


그림 4. LTCC ($\epsilon_r = 5.2$) 공정을 이용해 제작된 L형대역 원형편파 안테나

Fig. 4. Manufactured L type broadband circular polarization antenna using LTCC ($\epsilon_r = 5.2$) progress

표 2. 시뮬레이션과 제작된 안테나의 크기비교
Table 2. Size comparison of antenna simulated and manufactured

	설계치	제작치
안테나 전체크기	9.8×10mm	9.5×9.7mm
20GHz에 대한 안테나 길이	2.016×2.551mm	1.9×2.4mm
30GHz에 대한 안테나 길이	1.776×1.541mm	1.6×1.45mm
20GHz에 대한 안테나와 기판 두께	1.45mm	1.4mm
30GHz에 대한 안테나와 기판 두께	1.15mm	1.1mm

표2에서의 같이 설계치와 실제 제작치가 차이 나는 것을 볼 수 있다. 이것은 20GHz대역보다 30GHz대역에서 큰 영향을 미칠 수 있다. 즉 20GHz와 30GHz대역에서 유전율(5.2)를 고려한 λ 가 각각 6.58, 4.38mm로 30GHz가 20GHz보다 λ 가 짧기 때문에 제작 오차는 20GHz대역보다 30GHz대역에서 실제 특성에 큰 영향을 미칠 수 있다. 따라서 측정치에서 설계치보다 작게 제작되었으므로 그에 따라 그림6와 같이 30GHz대역에서 고주파로 S파라미터가 이동하였다.

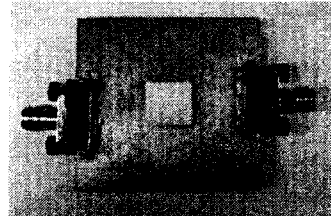


그림 5. 안테나 측정을 위한 기판과 커넥터가 부착된 LTCC 안테나
Fig. 5. The LTCC antenna combined with a substrate and a connector in order to measurement

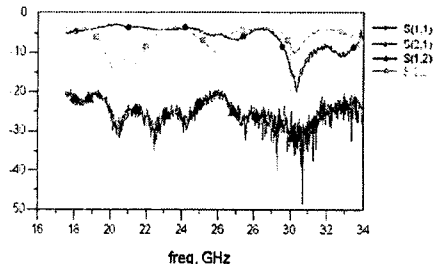


그림 6. LTCC 안테나의 측정 반사손실(HP8510C)
 Fig. 6. Measured return loss of the LTCC antenna (HP8510C)

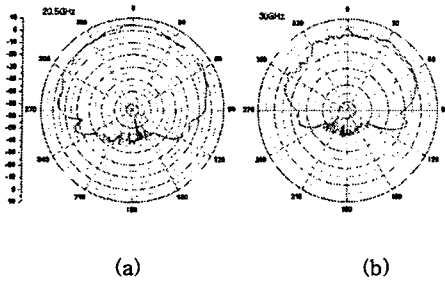


그림 7. LTCC 안테나의 측정 E-plane (a)20.5GHz에서의 E-plane
 (b)30GHz에서의 E-plane
 Fig. 7. Measured E-plane of the LTCC antenna (a)E-plane at the 20.5GHz (b)E-plane at the 30GHz

그림6은 그림5과같이 안테나를 측정 기판에 접합하여 반사손실을 HP8510C를 이용하여 측정한 결과이다. 실제 제작 안테나의 크기가 설계치보다 작게 제작된 것에 대한 영향으로 S파라미터가 고주파로 이동되었다. 하지만 LHCP안테나와 RHCP안테나간의 격리도는 20dB이상으로 높은 격리도를 가졌다. 그림7은 20.5GHz와 30GHz에서 LTCC 안테나의 E평면을 측정한 것이다. 측정 패턴은 안테나를 기준으로 위쪽방향으로 넓은 이득을 갖는 형태인 것을 알 수 있으며 시뮬레이션에서의 패턴과 일치하였다. 그림8은 LTCC 안테나의 측정된 축비를 알아본 것이다. 그림8(a)는 K대역에서 LHCP 안테나의 축비를 알아본 것이고 그림8(b)는 Ka대역에서 RHCP 안테나의 축비를 알아본 것이다.

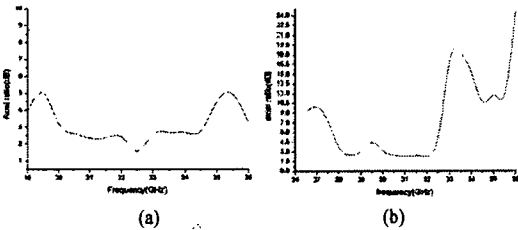


그림 8. LTCC 안테나의 측정 축비 ($\theta=0^\circ$) (a)LHCP 안테나 축비
 (b)RHCP 안테나 축비
 Fig. 8. Measured axial ratio of the LTCC antenna($\theta=0^\circ$) (a)antenna axial ratio of LHCP antenna (b)antenna axial ratio of RHCP antenna

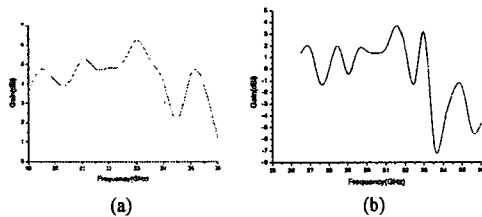


그림 9. LTCC 안테나의 측정 이득 (a) K대역에서의 LTCC 안테나 측정 이득 (b) Ka대역에서의 LTCC 안테나 측정 이득
 Fig. 9. Measured gain of the LTCC antenna (a)measured gain of the LTCC antenna in the K band (b)measured gain of the LTCC antenna in the Ka band

측정 원형편파 대역은 K대역에서 20GHz~21.5GHz이고 Ka대역에서 30GHz~31.5GHz이다. 또한 그림9에서는 K, Ka대역 송수신 겸용 광대역 LTCC 안테나의 이득을 주파수에 따라 얻는 값을 나타낸 것이다. 따라서 본 논문에서 제시한 안테나의 원형편파 대역, 격리도, 이득은 K대역에서 원형편파 대역이 20GHz~21.5GHz, 격리도는 20dB이상, 이득은 4~5.5dBi를 가지며 Ka대역에서 원형편파 대역이 30GHz~31.5GHz, 격리도는 20dB이상, 이득은 1.38~3.67dBi를 갖는다. 전체적으로 시뮬레이션과 비교해 볼 때 비슷하게 맞는 것을 알 수 있다. 이득이 예상한 것보다 작게 나온 것은 안테나와 기판 접합시의 임피던스 부정합과 제작된 안테나의 유전율과 손실이 설계치에서의 값과 차이에서 발생된 것으로 보인다.

3. 결 론

본 논문에서 제안한 안테나는 LTCC공정을 이용하여 가볍고 작은 송수신 겸용 안테나로서 다른 RF회로와 집적하게 가능하다. 또한 주파수 대역이 K/Ka대역이며 위성통신, 위성방송 송수신 겸용 안테나로서 앞으로 위성통신 및 위성방송의 주파수 대역이 Ku대역에서 K/Ka대역으로 이동함에 따라 필요시 되는 안테나로서 크게 쓰일 것으로 크게 기대된다. 이에 대한 K/Ka대역 송수신 겸용 광대역 LTCC 원형편파 안테나의 측정 특성으로는 K대역에서 원형편파 대역 20GHz~21.5GHz, 이득 4~5.5dBi를 가지며 Ka대역에서는 원형편파 대역 30GHz~31.5GHz, 이득 1.38~3.67dBi를 갖는다. 또한 송수신간의 격리도는 원형편파 대역에서 각각 20dB이상의 높은 격리도를 얻었다.

[참 고 문 헌]

- [1] C. A. Balanis, "Antenna Theory-Analysis and Design", 2nd edition, Wiley, New York, 1997.
- [2] Y. Ojio, T. Hiraguri, K. Hirasawa, "A monopole-fed circularly polarized loop antenna", AP. 1998 IEEE vol. 2, pp. 810-813, June 1998.
- [3] Tentzeris, E. Li, R.L. Lim, K. Maeng, M. Tsai, E. Dejean, G. Laskar, J. "Design of compact stacked-patch antennas on LTCC technology for wireless communication applications", AP Symposium, 2002. IEEE, Vol.2 pp. 500-503, June 2002.
- [4] R. E. Collin, "Antennas and Radiowave Propagation", McGraw-Hill, New York, 1985.

그림6, 8에서 안테나의 반사손실과 축비를 고려했을 때