

LTCC 공정을 이용한 K/Ka 대역 송수신 겸용 이중 급전 안테나

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

Design of Tx.Rx broadband antenna on LTCC at K/Ka band

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

University of Seoul* Electronics and Telecommunications Research Institute**

Abstract - The Ku band that has been using for the satellite communication and broadcasting would be changed to K/Ka bands. The satellite system requires the antenna structure to fabricate low loss and small antenna that is able to be integrated with other Rf circuits for both Rx and Tx. So we should design it with dual feed antennas at K/Ka bands, high isolation between two different feeds and broadband circular polarization. This paper proposes the LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic) process for integration with other Rf circuits and the Axial mode of the helical antenna to satisfy those requirements.

1. 서 론

각 나라마다 위성의 수요가 증가됨에 따라 주파수 포화 상태에 이르러 주파수가 갈수록 높아지고 있다. 그래서 기존의 Ku 대역에서 Ka 대역 이상으로의 연구가 진행 중에 있다. RF 부품들 중에서 안테나는 기존의 다른 RF 부품들과 집적화가 어렵다. 그러나 최근 들어 다른 RF 모듈과의 집적화를 가능하게 하는 공정 기법이 나타나고 있다. 그 중 대표적인 방법이 LTCC이다. 원형 편파를 위해서 헬리컬 안테나의 Axial mode를 이용하였다. 헬리컬 안테나에는 Axial mode와 Normal mode가 있는데 Normal mode는 선형편파를 위한 것이고 Axial mode는 원형 편파를 위한 헬리컬 안테나의 구조이다^[1]. 헬리컬 안테나는 LTCC 공정으로 제작하기에 적합하다. LTCC 공정은 적층형 방식의 공정이라서 적절히 헬리컬 안테나를 구현할 수 있으나 각각 다른 높이의 두 안테나를 하나의 유전체에 구현을 해야 되기 때문에 설계시 공정 규칙을 잘 준수하여 실제 제작 가능한지 알아보는 것도 중요하다. 본 논문에서의 설계 목표는 다음과 같다. 넓은 대역의 원형 편파를 요구하는데 송신부는 30~31GHz에서 1GHz 대역폭의 RHCP를, 수신부는 20~21GHz에서 1GHz 대역폭의 LHCP를 각각 가지게 된다. VSWR은 2:1 이하이고 축비는 3dB 이하, 격리도는 20dB 이상으로 설계를 하였다. 실제 LTCC 공정에서 안테나 제작시 불량률이 높은 편이다. 그래서 제작 후 X-ray 촬영으로 설계가 제대로 되었는지 확인이 절대적으로 필요하다. 안테나의 측정시 튜닝을 해야 할 경우가 많은데 적층형의 공정이라 사실상 튜닝은 불가능하다. 그리고 공정기간이 길기 때문에 보정 후 다음 안테나 출시까지 시간이 오래 걸린다.

2. 본 론

2.1 Axial mode Helical 안테나 설계

헬리컬 안테나는 여러 가지 mode에서 동작할 수 있

다. 두 가지 중요한 mode가 있는데 normal (broadside) 과 Axial (endfire) mode이다. Axial (endfire) mode의 헬리컬 안테나가 주로 쓰이는데 넓은 대역폭의 원형 편파를 형성하기 때문이다^[1].

2.1.1 Axial(endfire) mode 이론

이 mode에서는 단지 하나의 major lobe가 있는데 이 lobe는 헬리컬의 축을 따라 최대의 방사를 나타낸다. 이 mode를 만들기 위해서는 지름 D 와 간격 S 가 파장의 large fractions이 되어야 하고 지름 D 는 최소한 $D = \lambda/2$ 이어야 한다. 원형 편파를 만들기 위해 헬리컬의 원주는 $\frac{3}{4} < C/\lambda < \frac{4}{3}$ 의 범위 안에 있어야 하고 간격은 약 $S \approx \lambda/4$ 여야 한다. 피치 각은 보통 $12^\circ < \alpha < 14^\circ$ 의 범위이다.

2.2.2 기본 구조

기본 구조는 그림 1과 같고 이론상의 헬리컬을 LTCC 공정의 제작을 위한 형태로 변형을 했다. 피치의 각은 여기서 고려하기 힘든 부분이고 선의 길이와 간격은 기본적으로 이론 부분에서 제시한 범위에서 출발해 모의실험을 했으나 두 안테나의 커플링과 구조의 변화 등에 의해 이론과는 차이가 있다. 헬리컬의 한 선의 길이는 1.63 mm이고 사이의 간격은 0.42 mm이다. 전체적인 구조는 그림 3과 같다. 그림 2은 위에서 본 그

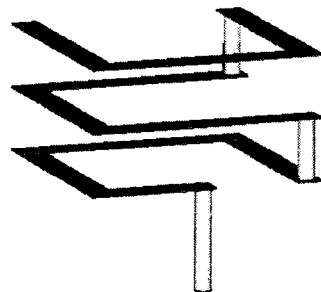


그림 1. Helical 안테나의 기본 구조
 Fig. 1. The structure of the helical antenna

림이다. 접지면은 10mm × 10mm이고 유전율은 5.2, 유전체를 포함한 전체 높이는 1.6 mm 이다. 우측 하단의 큰 헬리컬 안테나가 20GHz의 LHCP 안테나이고

좌측 상단의 작은 헬리컬 안테나는 30GHz의 RHCP 안테나이다. 20GHz의 안테나는 중심으로부터 1.43 mm씩 우측하단으로 위치해 있고 30GHz의 안테나를 1.395 mm씩 좌측상단으로 위치해 있다. 이는 두 안테나 사이의 격리도를 위한 것이고 원형 편파를 위해 접지면의 모서리에서부터의 위치가 많이 고려되었다. 헬리컬 안테나의 방향은 각각 반대방향이고 20GHz는 LHCP를, 30GHz는 RHCP를 내기위한 방향으로 설계가 되었다. 총 층의 수는 7층이고 LTCC 공정 규칙을 고려한 것이다.

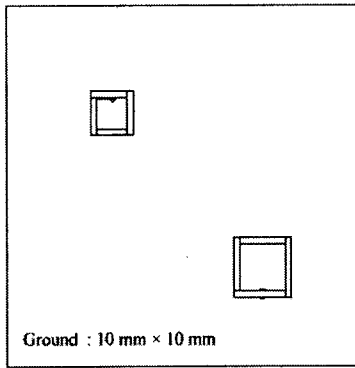


그림 2. 위에서 본 그림
Fig. 2. Top view

2.2 제작 및 측정

2.2.1 제작

안테나의 급전은 마이크로 스트립 형태로 급전을 하였고 접지면은 유전율 3.38, 두께가 0.5mm인 기판을 사용하였으며 크기는 40mm × 40mm이다. 기판과 안테나는 silver epoxy로 접착을 하였다.

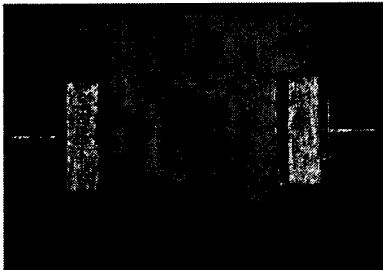


그림 3. 제작된 안테나
Fig. 3. Manufactured antenna

2.2.2 측정

그림 4에 측정된 S-parameters가 있다. 우선 m1과 m2 사이에서 공진이 두 번 있는걸 알 수 있다. 그리고 m3와 m4도 마찬가지이다. 그림 5는 송신부 안테나의 축비이다. 19~20.5GHz 까지 1.5GHz의 LHCP를 만족시키고 있다. 그림 6은 20GHz에서 이득 패턴이다. 최대 3.56dB의 이득을 낸다. 그림 7는 수신부 안테나의 축비이고 29.8~31.5GHz까지 1.7GHz의 RHCP

를 만족시키며 그림 8은 30GHz에서 이득을 나타내고 있다.

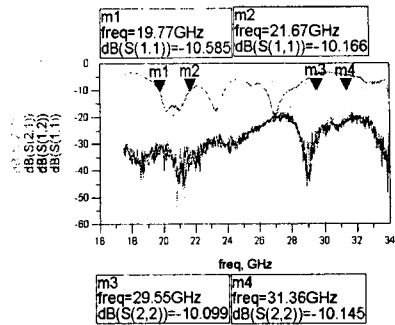


그림 4. S-parameter (측정치)
Fig. 4. S-parameter (measurement)

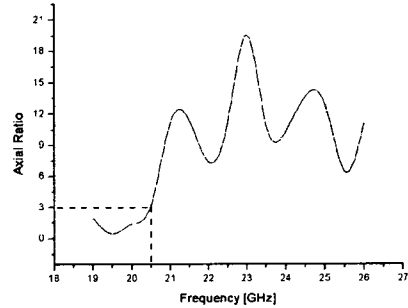


그림 5. 송신 안테나의 축비 (측정치)
Fig. 5. Axial ratio of transmitter (measurement)

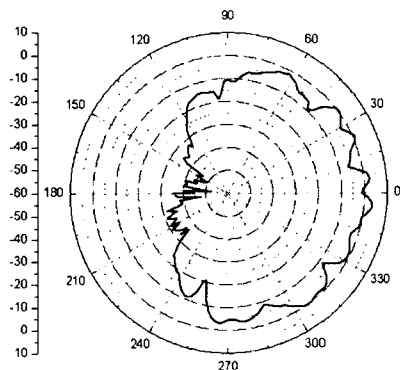


그림 6. 20GHz에서의 이득 (측정치)
Fig. 6. Gain pattern at 20GHz (measurement)

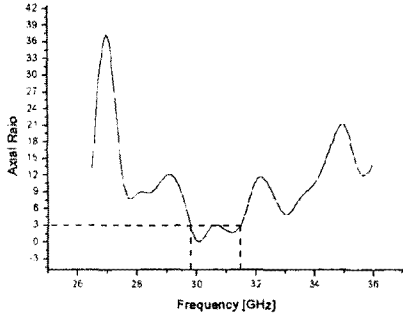


그림 7. 수신 안테나의 축비 (측정치)
Fig. 7. Axial ratio of receiver
(measurement)

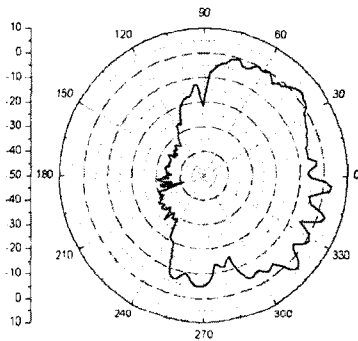


그림 8. 30GHz에서의 이득 (측정치)
Fig. 8. Gain pattern at 30GHz
(measurement)

3. 결 론

모의 설계를 토대로 LTCC공정을 이용한 안테나를 제작하였다. 원하는 주파수 대역과 정제파비, 격리도를 만족시키고 있다. 안테나 측정시 많은 문제점이 있었다. 우선 LTCC공정 때문의 문제는 첫 번째 유전체 안에 안테나가 위치하고 있기 때문에 안테나의 어떤 요소를 튜닝하기가 불가능하다는 것이다. 두 번째 문제점은 어떤 문제점을 파악한 후에는 다시 공정이 들어 가야 한다는 것이다. 그래서 많은 시간과 돈을 필요로 하기 때문에 처음 시행착오를 겪는데 큰 문제점이 된다. 세 번째는 제작된 안테나가 제대로 제작이 되었는지 확인하기 위해 X-ray 촬영이 필요하다는 것이다. 불량 안테나가 많이 나올 수 있기 때문에 꼭 확인을 해야 하는 부분이다. 다른 문제는 LTCC로 공정한 안테나와 급전, 접지를 위한 기판과의 접착 문제인데 급전은 via를 통해 급전을 하였다. via는 silver epoxy로 하였고 여기서 많은 손실이 예상된다. 그리고 정확한 급전을 하기 위해 여러번의 작업이 필요했다. 그래서 급전을 위한 구조물과 기판, 안테나 세 가지를 모두 고려를 해야 하는데 급전을 위한 구조물을 제외한 나머지 부분은 다음 제작시 하나의 개체로 만들어야 더 정확하고 제작도 편하다는 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] Balanis, Comstanine A., *Antenna Theory Analysis and design*, Wiley, pp. 505-512, 1997.
- [2] J. D. Kraus, *Antennas*, New York: McGraw-Hill, 1947.
- [3] H. E. King and J. L. Wong, "Characteristics of 1 to 8 wavelength uniform helical antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-28, pp. 291-296, 1980.
- [4] K. F. Lee and P. F. Wong, "Directivities of helical antennas radiating in the axial mode," *Proc. Inst. Elec. Eng.*, pt. H, vol. 131, pp. 121-122, 1984.
- [5] R. C. Johnson and H. Jasik, Ed., *Antenna Engineering Handbook*, New York: McGraw-Hill, 1984. ch. 13.
- [6] H. Nakano and J. Yamauchi, "Characteristics of modified spiral and helical antennas," *Proc. Inst. Elec. Eng.*, pt. H, vol. 129, pp. 232-237, 1982.