

LTCC 공정을 이용한 K/Ka 대역 송수신 겸용 이중 급전 안테나

論 文
53C-9-6

Design of Tx/Rx Broadband Antenna on LTCC at K/Ka Band

千永民*·金星男*·吳珉錫**·崔在益***·表喆植***·李鍾文[§]·千昌律[†]
(Yong-Min Cheon · Sung-Nam Kim · Min-Seok Oh · Jae-Ick Choi · Cheol-Sig Pyo · Jong-Moon Lee · Changyul Cheon)

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.

Key Words : Axial Mode, Broadband, Helical, Integration, LTCC

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. 주파수가 높아짐으로 인해서 안테나는 소형화가 유리해지고 다른 RF 회로와 집적화가 용이해진다. 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. 이 공정은 재료를 자유롭게 선택할 수 있어서 유전율의 선택폭이 넓고 고유전율의 재료를 사용해서 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그 반면에 고유전율에서의 단점인 협대역 특성, 낮은 이득과 이중급전 방식에서 낮은 격리도 특성을 나타낸다. 그래서 높은 유전율과 크기, 이득, 격리도 등의 관계를 잘 고려하여 적절한 특성을 가지는 안테나를 설계하여야 할 것이다. 위성 안테나는 거리와 전파의 특성상 원형 편파를 사용하고 있고 본 논문에서는 송, 수신 다른 방향의 원형 편파를 가지게 설계를 하였다. 원형 편파를 위해서 헬리컬 안테나의 axial mode를 이용하였다. 헬리컬 안테나에는 axial mode와 normal mode가 있는데 normal mode는 선형 편파를 위한 것이고 axial mode는 원형 편파를 위한 헬리컬 안테나의 구조이다[1-6]. 헬리컬 안

테나는 LTCC 공정으로 제작하기에 적합하다. LTCC 공정은 적층형 방식의 공정이어서 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. LTCC는 각각의 공정마다 규칙이 다르기 때문에 설계 전에 공정 과정과 공정 규칙을 충분히 숙지해 설계를 하는 것이 중요하다[2-6]. 본 논문에서의 설계 목표는 표 1과 같다.

표 1 설계 목표
Table 1 Specification

	송신부	수신부
원형편파	RHCP	LHCP
대역	30~31GHz	20~21GHz
대역폭	1GHz 이상	1GHz 이상
격리도	20dB	20dB
VSWR	2 : 1	2 : 1

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 튜닝을 불가능하다. 그리고 공정기간이 길기 때문에 보정 후 다음 안테나 출시까지 시간이 오래 걸린다.

2. Axial mode 헬리컬 안테나의 설계, 제작

헬리컬 안테나는 여러 가지 mode에서 동작할 수 있다. 두 가지 중요한 mode가 있는데 normal (broadside)과 axial

* 學生會員 : 서울시立大 전자전기컴퓨터학부 碩士課程
 ** 非 會 員 : 서울시立大 전자전기컴퓨터학부 碩士課程
 *** 非 會 員 : 한국 전자통신연구원 責任 研究員
 § 非 會 員 : 한국 전자통신연구원 先任 研究員
 † 교신저자, 正會員 : 서울시立大 전자전기컴퓨터학부 教授
 E-mail : changyul@uos.ac.kr
 接受日字 : 2004年 5月 24日
 最終完了 : 2004年 6月 30日

(endfire) mode이다. axial (endfire) mode의 헬리컬 안테나가 주로 쓰이는데 넓은 대역폭의 원형 편파를 형성하기 때
문이다[1-6].

2.1 Axial(Endfire) mode의 이론

이 mode에서는 단지 하나의 major lobe가 있는데 이 lobe는 헬리컬의 축을 따라 최대의 방사를 나타낸다. 이 mode를 만들기 위해서는 그림 1에서 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 $3/4 < C/\lambda < 4/3$ 의 범위 안에 있어야 하고 간격은 약 $S \approx \lambda/4$ 여야 한다. 피치 각은 보통 $12^\circ < \alpha < 14^\circ$ 의 범위이다[1].

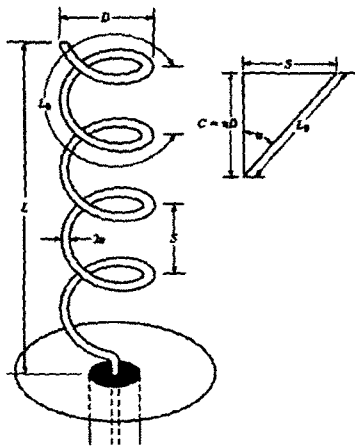


그림 1 헬리컬 안테나
Fig. 1 Helical antenna

2.2 기본 구조

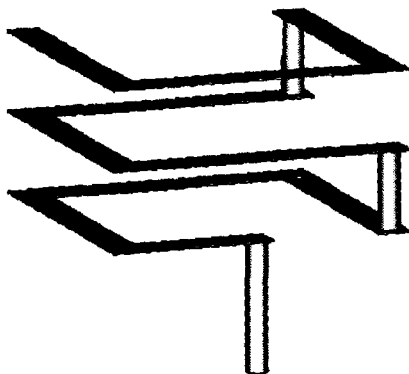


그림 2 헬리컬 안테나의 기본 구조
Fig. 2 The structure of helical antenna

기본 구조는 그림 2와 같고 이론상의 Helical을 LTCC 공정의 제작을 위한 형태로 변형이 필요하다. 피치의 작은 여
기서 고려하기 힘든 부분이고 선의 길이와 간격은 기본적으로 이론 부분에서 제시한 범위에서 출발했다. 모의실험을
했을 때 두 안테나의 커플링과 구조의 변화 등에 의해 이론
과는 차이가 있다. 헬리컬 한 선의 길이는 1.63 mm이고 사
이의 간격은 0.42 mm이다. 전체적인 구조는 그림 3과 같다.
그림 3은 위에서 본 그림이다. 접지면은 10mm x 10mm이
고 유전율은 5.2, 유전체를 포함한 전체 높이는 1.6 mm 이
다. 우측 하단의 큰 헬리컬 안테나가 20GHz의 LHCP 수신
부 안테나이고 좌측 상단의 작은 헬리컬 안테나는 30GHz의
RHCP 송신부 안테나이다. 20GHz의 안테나는 중심으로부터
1.43 mm씩 우측하단으로 위치해 있고 30GHz의 안테나를
1.395 mm씩 좌측상단으로 위치해 있다. 이는 두 안테나 사
이의 격리도를 위한 것이고 원형 편파를 위해 접지면의 모
서리에서부터의 위치가 많이 고려되었다. 헬리컬 안테나의
방향은 각각 반대방향이고 20GHz는 LHCP를, 30GHz는
RHCP를 내기위한 방향으로 설계가 되었다. 총 층의 수는 7
층이고 LTCC 공정 규칙을 고려한 것이다.

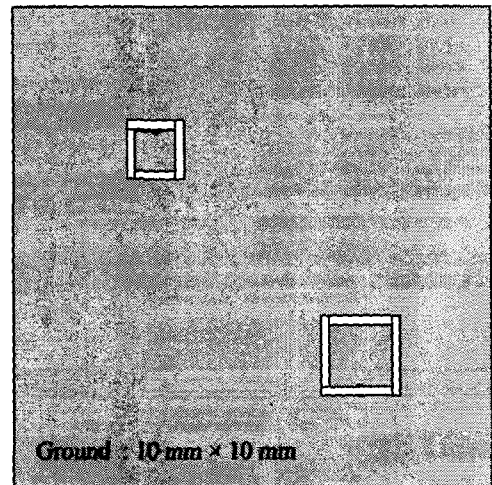


그림 3 위에서 본 그림
Fig. 3 Top view

2.3 모의 실험

그림 4에서 대역폭은 19.1GHz ~ 21.6GHz 까지 2.5GHz
의 LHCP 대역폭이 나오고 30GHz ~ 33GHz 까지 3GHz의
RHCP 대역폭이 나온다. 격리도는 39GHz까지는 모두 -20
dB 이하로 위 사항 모두 spec.을 만족한다. 그림 6의 (a)는
17GHz에서 23GHz 사이의 반사 손실을 스미스 차트로 나타
낸 것이고 (b)는 25GHz에서 33GHz 사이의 반사손실은 나
타낸 것이다. 여기서 돼지 꼬리 같이 두 번 꼬이는 부분으
로 봤을 때 두 공진이 일어남을 알 수 있다. 그림 5는 각
층(Layer)을 보여주고 있다. 총 7개의 층으로 되어 있고 각
각의 층마다 하나씩 헬릭스가 있기 때문에 설계함에 있어
서 조금 어려움이 있었다. 모의 설계한 안테나가 실제
LTCC 공정을 통해서 제작이 가능한지 꼭 알아봐야 한다는

것이다. 20GHz대의 안테나의 선 길이는 1.63mm, 30GHz의 선의 길이는 1.21mm이고 모든 안테나 선의 폭은 0.17mm이다. 프린트된 밀면으로부터 각각의 층의 높이는 0.26, 0.04, 0.19, 0.24, 0.43, 0.44mm 이다. 이 높이는 전술한 바와 같이 헬리컬 안테나가 axial mode에서 동작하기 위한 범위 안에 들어있는 수치들이다.

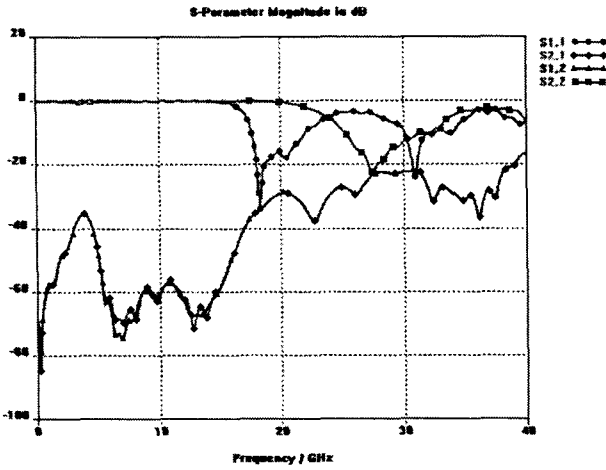


그림 4 S-parameter (모의실험)
Fig. 4 S-parameter (Simulation)

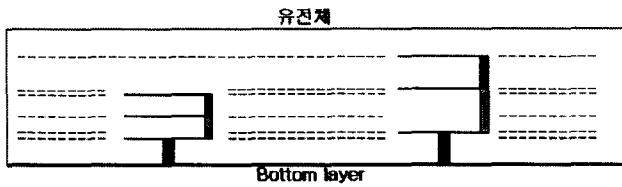
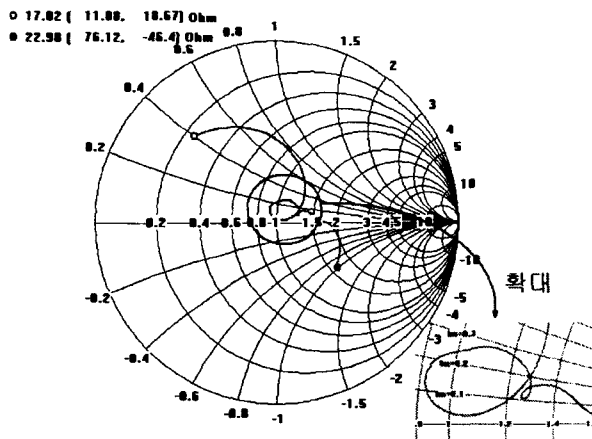
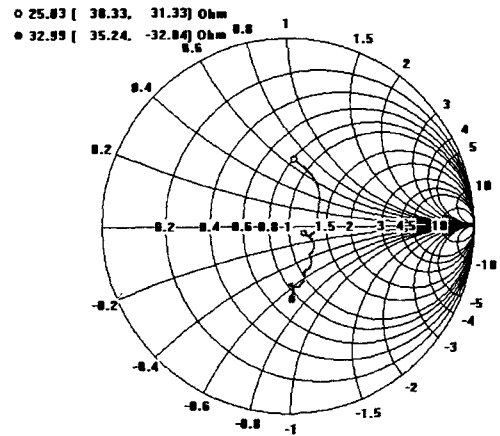


그림 5 옆에서 본 LTCC 층
Fig. 5 Side view of the LTCC layer

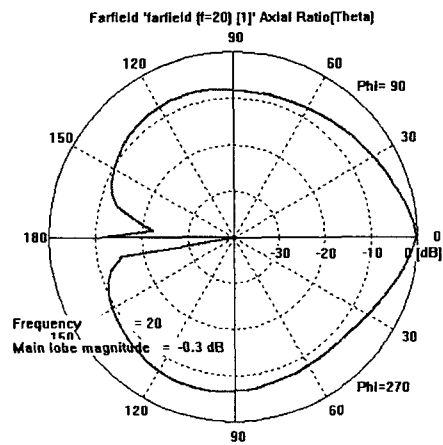


(a)

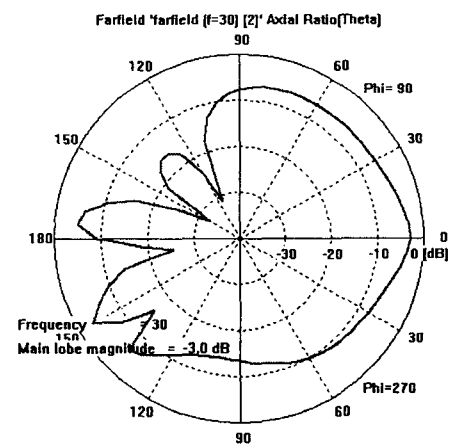


(b)

그림 6 스미스 차트 (모의실험)
Fig. 6 Smith chart (Simulation)



(a)



(b)

그림 7 축비 (모의실험)
Fig. 7 Axial ratio (Simulation)

그림 7에서 (a)는 20GHz에서 (b)는 30GHz에서의 축비를 나타낸다. 축비는 3dB이하의 조건이 주어지는데 모두 3dB안으로 원형편파를 만족시킨다. 그림 8은 안테나의 이득을 나타내는데 (a)는 20GHz에서 (b)는 30GHz에서의 이득이다. 주된 방향이 0° 방향이 아닌 30° 정도의 방향으로 4.7dBi의 최대 이득을 나타내나 주된 방향인 0° 방향으로 3dBi 정도를 내고 있기 때문에 문제가 되지는 않을 것이다. 지금까지 수행된 연구결과와 전술한 바와 같이 헬리컬 안테나의 axial mode를 이용하여 LTCC 공정에 적합한 Ka-band의 이중 편파 안테나 모의 설계를 하였다.

2.4 제작 및 측정

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

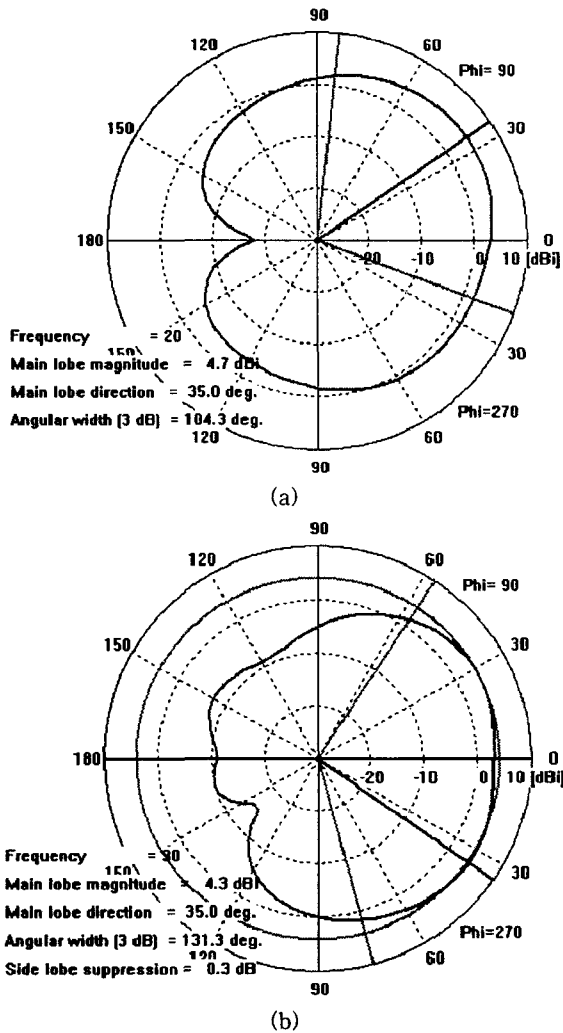


그림 8 이득 (모의실험)
 Fig. 8 Gain (Simulation)

epoxy로 접착을 하였고 유의해야할 사항은 접착 후 안테나



그림 9 제작된 안테나
 Fig. 9 Manufactured antenna

옆면에 붙어 있는 silver epoxy는 깨끗이 제거를 잘 해 주어야 된다는 것이다. 그리고 기판 면과 안테나의 면이 공간 없이 잘 접촉이 되어야한다. Connector는 SMA Connector를 사용하였고 40GHz까지 쓸 수 있는 것인데 측정을 위한 구조물을 필요로 한다. 그래서 안테나에 불필요한 구조물은 모두 제거하고 급전에 필요한 구조물만 연결을 하였다. 그림 10에 측정된 S-parameters가 있다. 우선 m1과 m2 사이에서 공진이 두 번 있는걸 알 수 있다. 그리고 m3와 m4도 마찬가지이다. 이 부분이 두 공진으로 된 것인지는 그림 11을 보으로써 알 수 있다. 그림 11의 (a)는 20GHz에서, (b)는 30GHz에서의 스미스 차트이다. 여기서 그림 11 (a)에서 m5와 m6사이에서 돼지 꼬리 모양처럼 안쪽으로 두 번 꼬이는 걸 볼 수 있다. 이 걸로 두 공진이 뜬것을 확인할 수 있고 S(2,2) 그림 11. (b)의 경우 역시 조금 큰 돼지 꼬리 모양이 안쪽으로 꼬이는 그림을 볼 수 있다. 그림 12는 송신부 안테나의 축비이다. 19~20.5GHz 까지 1.5GHz의 LHCP를 만족시키고 있다. 그림 13은 20GHz에서 이득 패턴이다. 최대

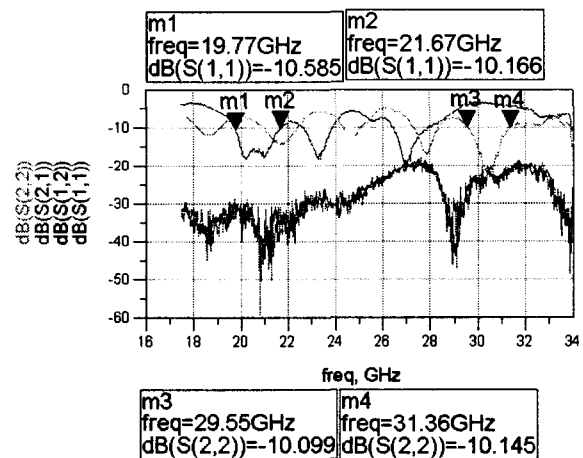


그림 10 S-parameter (측정값)
 Fig. 10 S-parameter (measurement)

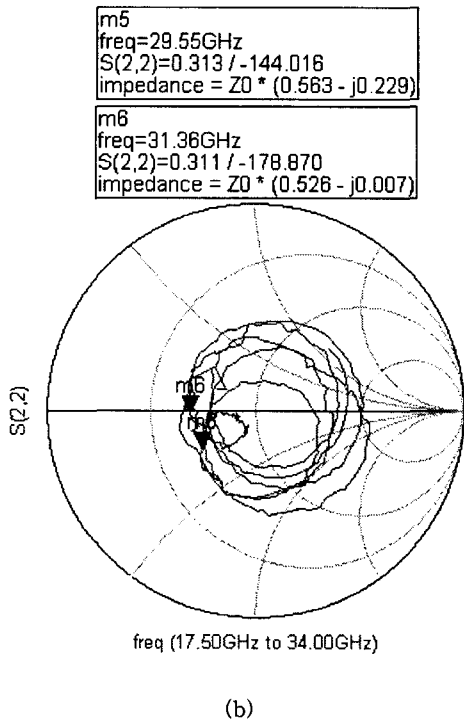
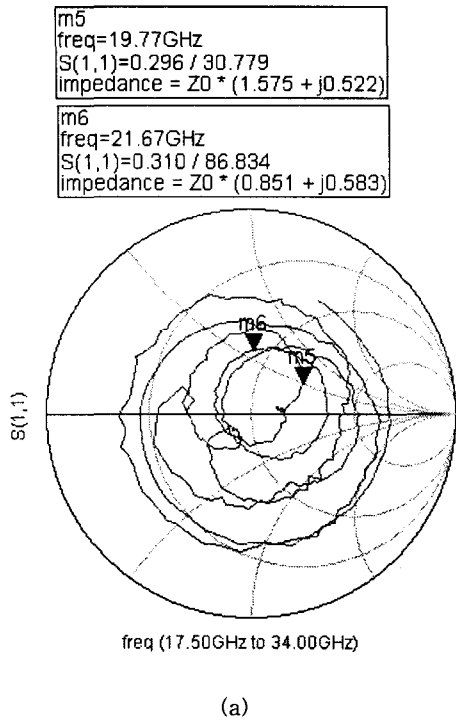


그림 11 스미스 차트 (측정값)
Fig. 11 Smith chart (measurement)

3.56dB의 이득을 낸다. 그림 14는 수신부 안테나의 축비 이고 29.8~31.5GHz까지 1.7GHz의 RHCP를 만족시키며 그림 15는 30GHz에서 이득을 나타내고 있다.

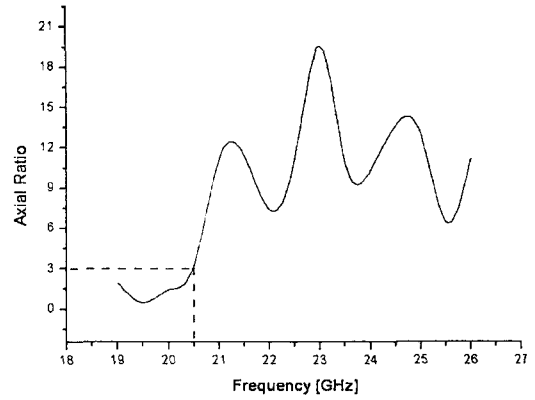


그림 12 축비 (측정값)
Fig. 12 Axial ratio (measurement)

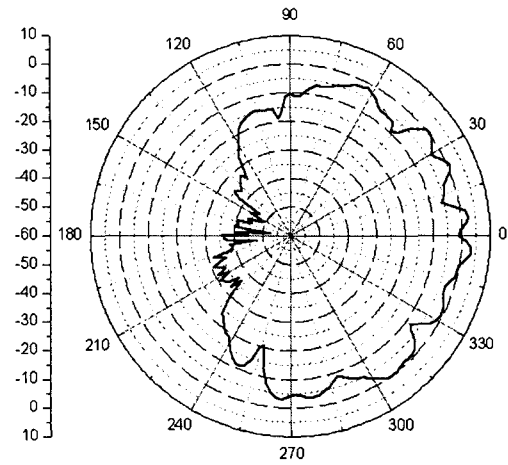


그림 13 20GHz에서의 이득 (측정값)
Fig. 13 Gain pattern at 20GHz (measurement)

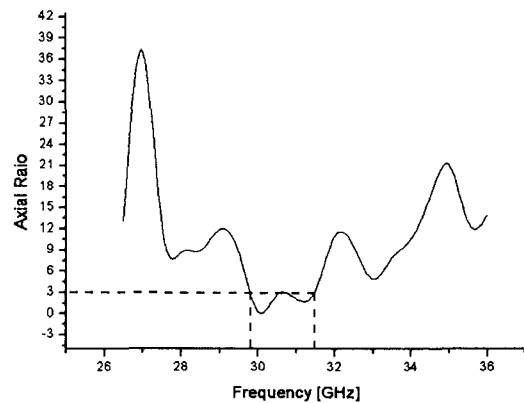


그림 14 축비 (측정값)
Fig. 14 Axial ratio (measurement)

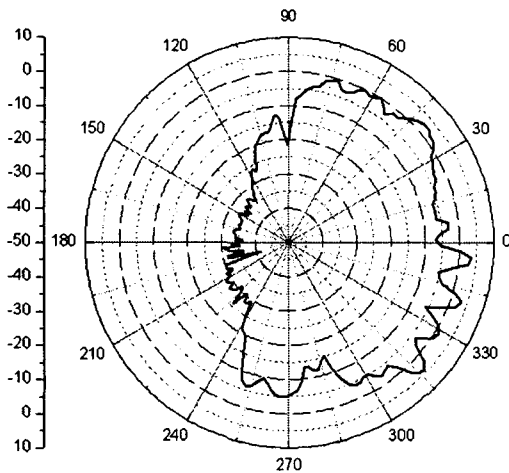


그림 15 30GHz에서의 이득 (측정값)
Fig. 15 Gain pattern at 30GHz (measurement)

3. 결 론

모의 설계를 토대로 LTCC공정을 이용한 안테나를 제작 하였다. 원하는 주파수 대역과 정재파비, 격리도를 만족시키고 있다. 송신 안테나 부분에서 축비가 약간 틀어져 있으나 구조의 변경으로 만족 시킬 수 있다. 안테나 측정시 많은 문제점이 있었다. 우선 LTCC공정으로 인한 문제는 다음과 같다 첫 번째 유전체 안에 안테나가 위치하고 있기 때문에 안테나의 어떤 요소를 튜닝하기가 불가능하다는 것이다. 두 번째는 어떤 문제점을 파악한 후 다시 공정이 들어가야 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 공정으로 제작된 안테나와의 급전, 접지를 위한 기판과의 접착 문제인데 급전은 via를 통해 급전을 하였다. via는 silver epoxy로 하였고 여기서 많은 손실이 예상된다. 그리고 정확한 급전을 하기 위해 여러 번의 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.

저 자 소 개



천 영 민 (千永珉)

1976년 9월 2일생. 2003년 서울시립대 전자전기컴퓨터 공학부 졸업. 2003년 ~ 현재 동 대학원 석사과정.
Tel : 02-2216-1483
E-mail : loo01000@uos.ac.kr



김 성 남 (金星男)

1977년 11월 15일생. 2003년 서울시립대 전자전기컴퓨터 공학부 졸업. 2003년 ~ 현재 동 대학원 석사과정
Tel : 02-2216-1483
E-mail : snamee77@uos.ac.kr



오 민 석 (吳珉錫)

1977년 7월 2일생. 2003년 서울시립대 전자전기컴퓨터 공학부 졸업. 2003년 ~ 현재 동 대학원 석사과정.
Tel : 02-2216-1483
E-mail : oms77@uos.ac.kr



최재익 (崔在益)

1981년 2월 : 고려대학교 전자공학과(학사).
1983년 2월 : 고려대학교 전자공학과 (석사).
1995년 2월 : 고려대학교 전자공학과(박사).
1983년~현재 : 한국전자통신연구원 전자파
환경연구팀 팀장
Tel : 042-860-4855
E-mail : jichoi@etri.re.kr



이종문 (李鍾文)

1996년 1월~ 1998년 2월 : (주)새한이동통신
연구원. 1999년 9월 : 충북대학교 전자공학
과(석사). 2000년 4월 ~ 현재 : 한국전자통
신연구원 RFID기술연구팀 선임연구
Tel : 042-860-4855
E-mail : jmlee@etri.re.kr



표철식 (表喆植)

1991년 2월 : 연세대학교 전자공학과(학사).
1999년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자
공학과(석사). 1991년 ~ 현재 : 한국전자통
신연구원 RFID기술연구팀 팀장.
Tel : 042-860-4855
E-mail : cspyo@etri.re.kr



천창율 (千昌律)

1960년 4월 5일생. 1983년 서울대학교 전기
공학과 졸업. 1985년 동대학원 졸업(석사).
1992년 The University of Michigan, Ann
Arbor 졸업(박사).
1992년-1995년 강원대학교 전기공학과 조
교수. 1995년-현재 서울시립대학교 전자전
기컴퓨터 공학부 교수
Tel : 02-2216-1483
E-mail : changyul@uos.ac.kr