위성방송 수신용 원형 편파 고온초전도 평판 배열 안테나

하재권*, 강광용**, 곽민환**
*블루웨이브텔(주), **한국전자통신연구원 정보통신원천기술연구소

Design of the High-Temperature Superconducting Patch Array Antenna with Circular Polarization for DBS Receiver

Jae-Kwon Ha*, Kwang-Yong Kang**, Min Hwan Kwak**
*Bluewavetel co., Ltd, **ETRI, Telecom. Basic Res. Lab.

hajaekwon@hanmail.net

Abstract - We designed superconducting four-element patch array antenna which has single-feed circularly polarization and a resonance frequency of 11.85 GHz for DBS receiving system. Antennas have been fabricated from both gold conductor and $YBa_2Cu_3O_{7-x}$(YBCO) superconductor (thin films) for comparison. Simulated and measured results, and analysis on resonant frequency(fr), return loss, and bandwidth are presented.

1. 서 론

다양한 위성 및 이동통신 서비스 산업의 활성화로 인하여 마이크로파 및 밀리미터파 RF 부품 개발에 대한 연구가 국내·외에서 활발하게 추진되고 있다[1]. 특히, 기존의 파라볼릭 안테나에 비해 소형 및 경량이고 박막형 소자구조와 특성을 갖는 평판 배열 안테나를 고온초전도 박막을 이용하여 설계·제작하고 그 특성을 분석하였다.

일반적으로 안테나의 이득(gain)은 소자 크기에 비례하지만 크기가 증가하면 급전망(feeding network)에서의 손실도 증가하기 때문에 일반 금속(금, 동)에 비해 1/100배 이하의 작은 표면저항(R_s)을 가지는 고온초전도 박막을 이용할 경우, 급전망에서의 손실을 최소화시킬 수 있다. 따라서 기존의 평판 배열 안테나에 비해 훨씬 작은 크기로 동일한 이득을 구현할 수 있다.

본 논문에서는 위성방송 수신용으로 사용할 수 있는 2x2 배열 안테나를 고온초전도 YBCO 박막과 금(Au) 박막을 사용하여(두 경우 모두 동일하게 MgO 기판 사용) 각각 설계·제작하고 저온 상태에서 이들 배열 안테나의 특성을 측정하고 비교·분석하였다. 이는 향후 소형 안테나와 RF 부품이 결합되는 고온초전도 집적형 안테나 개발을 위한 기반기술 확보와 응용기술 개발에 크게 기여할 것으로 판단된다[2].

2. 패치 배열 안테나 설계 제작

패치 배열 안테나의 기본적인 구성도는 그림 1과 같이 MgO의 유전체 단결정 기판, YBCO 박막의 패치 방사 소자, 패치 급전용 마이크로스트립 라인 및 접지평면으로 구성된다[3][4].

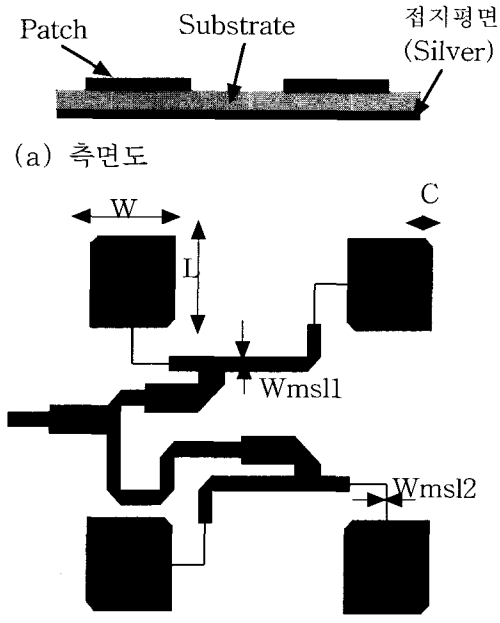

그림 1. 패치 배열 안테나의 구성도
Fig. 1. Configuration of patch array antenna (a)Side view (b)Front view

안테나 방사소자는 길이 L, 선폭 W, 급전망을 구성하는 기본인 마이크로스트립 라인의 선폭은 Wmsl1, 그리고 이들을 패치(patch)의 가장자리에 매칭시키고 급전을 위해 선폭이 Wmsl2인

1/4 파장(λ)의 임피던스 변환기를 사용하였다. 한편, 원형편파를 구현하기 위해 패치의 코너에서 대각선 방향으로 일부(길이 C의 이등변 삼각형)를 절단하고, 편파의 순도를 높이기 위해 4개의 패치 각각을 90° 위상차를 가지게끔 순차 급전 방법을 채택하였다. 패치 배열 안테나 제작에 사용된 기판 및 박막의 특성은 〈표 1〉과 같다.

표 1. MgO 기판과 초전도 박막의 특성
Table 1. Characteristics of MgO substrate and HTS thin film

기판/박막의 변수	물성치
사용 기판	MgO
기판 두께	0.5 mm
YBCO 박막 두께	0.035 mm
박막의 표면저항	1.15×10^{-5}(@20K)
비유전율(ε_r)	9.65(@77K)
Loss Tangent	6.1×10^{-6}(@77K)
접지판 재료	Ag(silver)
접지판 두께	0.05 mm
접지판 도전율(σ)	1×10^{7}

표 2. 고온초전도 안테나의 설계값
Table2. Design values of the HTS patch array antenna

주요 파라미터	설계치
패치 길이 L	4 mm
패치 폭 W	4 mm
기본 급전망 선폭 Wms11	0.66 mm
패치 급전망 선폭 Wms12	0.06 mm
섭동준 코너길이 C	0.37 mm

우리가 구현한 패치 배열 안테나의 최적설계는 Ansoft사의 Ensemble을 이용하였으며 〈표 2〉에 추출한 최적 설계 파라미터 값을 나타내었다. 패치 배열 안테나의 패턴은 YBCO/MgO 박막, 표준 광-리소그라픽 기법 그리고 습식/건식식각 공정을 거쳐 제작하였다. 한편, 최적설계된 패치 배열 안테나의 반사손실(S_{11}), 이득, 축비(axial ratio)특성에 대해 시뮬레이션을 통해 얻은 결과는 그림 2에 나타내었다. 본 연구의 HTS 패치 배열 안테나는 11.7 GHz~12.0 GHz의 대역에서 5 dBi 이상의 이득을 얻을 수 있도록 설계하였으며, 순차 급전 방식에 의한 광대역 특성과 원형 편파의 축비도 상기 대역 내에서 5dB 이하였으며, 단순 섭동에 의한 방법보다 높은 원형

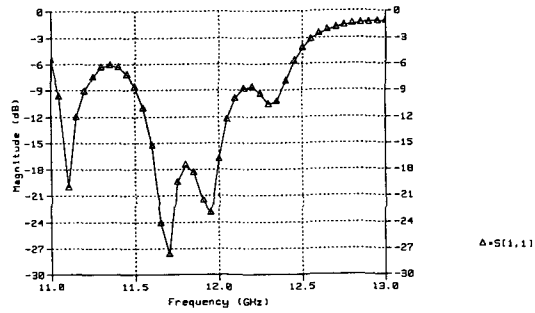

그림 2. 반사손실의 시뮬레이션 결과
Fig. 2. Simulated result of return loss

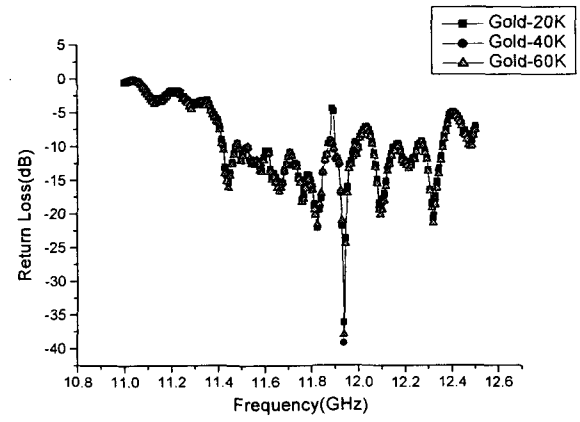

그림 3. 금(Au) 패치 배열 안테나의 온도에 따른 반사손실 특성
Fig.3. Return loss of gold patch antenna vs frequency with different temperature

편파 순도를 구현할 수 있도록 하였다.

3. 패치 배열 안테나의 특성 측정 및 분석

금(Au) 박막으로 제작한 패치 배열 안테나의 온도 변화에 따른 반사손실 특성을 그림 3에 실었다. 상온에서는 공진주파수(f_o=11.85 GHz)가 11.78 GHz로 하향 이동하였으나, 저온에서의 공진주파수는 11.94 GHz로 관측되었다. 이 현상은 상온의 경우, 식각공정에 따른 오차로 판단되나 저온의 경우는 사용기판의 유효유전율과 회로패턴 크기, 표면임피단스 등의 변화로 인하여 공진주파수가 상향 이동한 것으로 판단된다.

한편, 고온초전도 YBCO 박막으로 구현한 패치 배열 안테나의 온도특성은 그림 4에 나타낸 바와 같이, 온도 40 K에서 가장 좋은 특성이 관측되었다. 공진주파수(f_o=11.92 GHz)에서 -45 dB 이하의 반사손실(S_{11}), 그리고 -10 dB 대역폭은 11.82 GHz~ 11.97 GHz로 협대역 특성을 보여주고 있으므로, 향후 광대역 특성을 얻기위해서는 초전도 특성을 보다 잘 이용한 최적 설계가 요구된다.

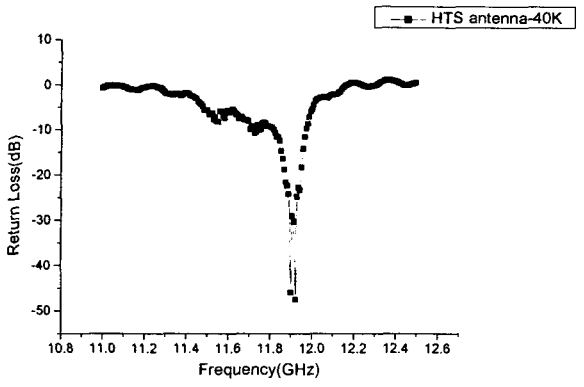

그림 4. 40K에서 YBCO 안테나의 반사 손실
Fig.4. Return loss of YBCO antenna @40K

고온초전도 박막형 패치 배열 안테나의 온도에 따른 반사손실 특성 변화를 고찰해 보면, 그림 5에서 알 수 있듯이 60 K 이상에서는 급전 마이크로스트립 라인과 안테나 입력 임피던스의 매칭이 나빠져서 반사 손실 특성도 좋지 않고, 40K 이하에서는 공진주파수에서 -20 dB 이하의 양호한 반사 손실 특성을 얻었다.

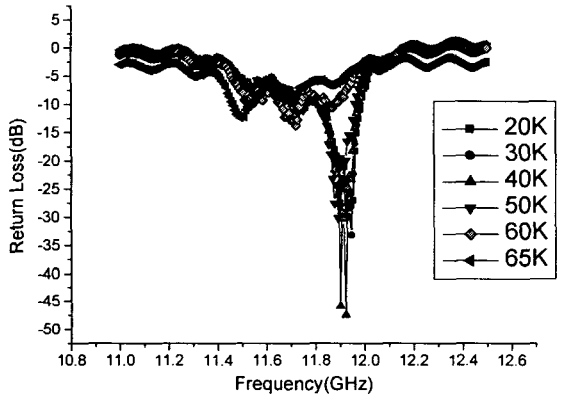

그림 5. YBCO 패치 배열 안테나의 온도에 따른 반사 손실
Fig. 5. Temperature dependence of return loss of YBCO patch antenna

온도에 따른 공진 주파수의 특성 변화는 그림 6과 같다. 금 박막형 패치 배열 안테나의 경우, 공진주파수는 11.83 GHz로 변화가 거의 없었으나 상온에서는 11.78 GHz(S_{11}=-33.36 dB)였고, 고온초전도 패치 배열 안테나의 경우, 20 K에서 50 K까지는 공진주파수의 변화가 아주 미소하게 (11.94 GHz~11.89 GHz) 하향 이동하였으나, 60 K 이상에서는 급격하게 하향 이동 하여 65 K에서는 11.49 GHz에서 공진주파수가 관측되었다.

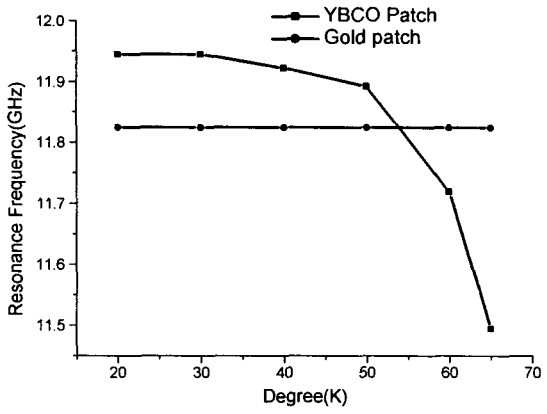

그림 6. 온도에 따른 공진 주파수 변이
Fig. 6. Temperature dependance of resonant frequency shift

4. 결 론

YBCO와 금 박막으로 공진주파수가 11.85 GHz인 구형 패치 배열 안테나를 설계·제작하고 그 특성을 측정·분석하였다. 본 논문에서는 통신·방송 수신용 초소형, 고이득 안테나의 구현 가능성을 확인하기 위한 연구개발의 일부로서 고온초전도 안테나를 설계·제작하고 먼저 반사손실(S_{11})의 온도의존성을 살펴보았다. 향후에는 온도변화에 따른 이득, 방사패턴 및 축비 등의 특성을 계속 연구할 것이며 한편, 고온초전도 박막으로 제작한 평판 안테나가 갖는 협대역 특성(단점)을 극복하고 광대역 및 다중 대역 특성을 갖는 안테나 개발과 입력 전력이 매우 큰 고온초전도 안테나 어레이도 계속 개발해야 할 것으로 판단하고 있다.

[참 고 문 헌]

[1] S. R. Best, "Antennas and Propagation for Wireless Communications", 2000 IEEE MTT-S Workshop Note (WSH).
[2] K.F. Lee, *"Advances in Microstrip & Printed Antennas"*,325, Wiley Series('99)
[3] J. D. Morrow et al, "Circularly Polarized 20-GHz High-Temperature Superconducting Microstrip Antennas Array",IEEE Trans. on. A. S. Vol. 9(4) 4725(1999).
[4] S. Ohshima et al, "High-Temperature Superconducting Microwave Passive Devices, Filter and Antennas",IEICE Trans.on Electron., Vol. E83-C(1), 2 (2000).