40 GHz 대역 고정통신용 광대역 LTCC 수신기 모듈

Broadband LTCC Receiver Module for Fixed Communication in 40 GHz Band

김봉수 · 김광선 · 은기찬 · 변우진 · 송명선

Bong-Su Kim · Kwang-Seon Kim · Ki-Chan Eun · Woo-Jin Byun · Myung-Sun Song

요 약

본 논문에서는 40 GHz 대역에서 동작하는 IEEE 802.16 고정 무선 통신 액세스를 위한 소형 저가격 및 광대역의 수신 모듈을 설계하고 구현하는 방법을 제안한다. 제안된 수신 모듈은 우수한 성능을 달성하기 위하여 캐비티 공정을 가지는 다층 LTCC 기술을 사용한다. 수신기는 저잡음 증폭기, 서브-하모닉 믹서, 내장된 이미지 제거 필터와 IF 증폭기로 구성된다. 전송 손실과 모듈의 크기를 줄이기 위하여, 각 소자를 연결하기 위한 CB-CPW, 스트립 선로, 본드 와이어 및 천이(transition)들이 사용된다. LTCC는 유전율 7.1인 Dupont사의 DP-943을 사용하고 층수는 6층이며, 각 층의 높이가 100 um이다. 구현된 모듈의 크기는 20×7.5×1.5 mm^3이며, 전체 잡음 지수는 4.8 dB 이하, 하향 변환 이득이 19.83 dB, 입력 P1 dB가 -22.8 dBm이고 이미지 제거값이 36.6 dBc 이상이다. 그리고 560～590 MHz 대역의 디지털 TV 신호를 40 GHz 대역으로 상향 변환하여 전송시킨 후, 수신 모듈을 이용하여 시연하였다.

Abstract

This paper presents how to design and implement a very compact, cost effective and broad band receiver module for IEEE 802.16 FWA(Fixed Wireless Access) in the 40 GHz band. The presented receiver module is fabricated in a multi-layer LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic) technology with cavity process to achieve excellent electrical performances. The receiver consists of two MMICs, low noise amplifier and sub-harmonic mixer, an embedded image rejection filter and an IF amplifier. CB-CPW, stripline, several bond wires and various transitions to connect each element are optimally designed to keep transmission loss low and module compact in size. The LTCC is composed of 6 layers of Dupont DP-943 with relative permittivity of 7.1. The thickness of each layer is 100 um. The implemented module is 20×7.5×1.5 mm^3 in size and shows an overall noise figure of 4.8 dB, an overall down conversion gain of 19.83 dB, input P1 dB of -22.8 dBm and image rejection value of 36.6 dBc. Furthermore, experimental results demonstrate that the receiver module is suitable for detection of Digital TV signal transmitted after up-conversion of 560～590 MHz band to 40 GHz.

Key words : Millimeter-wave, Fixed communication, LTCC

Ⅰ. 서 론

지식 정보화 시대에 무선통신 시스템은 음성과 문자 위주의 2세대, 화상정보 전송 IMT2000의 3세대 이동통신에서 100 Mbps 이상의 전송 속도를 갖는 4세대 시스템으로 발전할 것으로 예상된다. 이러한 광대역 4세대 시스템에서는 이미 포화 상태의 기존 주파수 대역이 아닌 새로운 주파수의 발굴이 필요하

한국전자통신연구원 디지털방송연구단(Digital Broadcasting Research Division, ETRI)

· 논 문 번 호 : 20050915-105
· 수정완료일자 : 2005년 10월 20일

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)

며, 이러한 광대역, 고속 통신을 가능하게 할 수 있는 주파수로써 밀리미터파 대역의 응용은 중요하다고 할 수 있다. 하지만, 밀리미터파 대역의 통신 시스템은 개별 소자로 구성되어서 크고, 고가이기 때문에 이 대역이 범용화 하는데 있어서 단점으로 작용했다. 이런 단점을 극복하고 RF 부품용으로 사용하기 위하여 대량 생산에 적용해 왔던 LTCC(Low Temperature Cofired Ceramic) 기술을 이용하여 밀리미터파 대역용 통신 시스템의 소형화, 저가격화와 저손실의 소자 및 패키징 기술에 대한 많은 연구가 진행되었다. 특히, LTCC를 이용한 SiP(System in a Package) 기술의 경우 26 GHz 대역의 점대다점통신용[1] 송수신기가 구현되었고, 60 GHz 및 72 GHz 대역의 단거리 무선통신용[2]~[4] 통신 시스템이 제안되었다.

본 논문에서는 LTCC 기술을 이용하여 장거리 통신용으로 적용하기 위해 IEEE 802.16 FWA 규격에 적합한 40 GHz 대역에서 동작하는 광대역, 초소형 수신 모듈의 설계 및 구현방법을 제안한다. 제안된 밀리미터파 수신 모듈은 저잡음 증폭기, 이미지 제거 필터, 서브-하모닉 믹서와 IF 증폭기로 구성되며, 장거리 통신용으로 적용하기 위하여, 특히 잡음지수(noise figure)와 이득 특성이 우수하여야 한다. 기존의 LTCC 기술은 기판 내부에 대역 통과 필터를 실장하지 않고 플립 칩(flip-chip) 형태로 연결함으로써 추가적인 공정과 삽입 손실을 나타낸다. 하지만, 다층 LTCC 기판을 이용하면서 복사 손실을 줄일 수 있도록, 대역 통과 필터를 스트립 선로 형태로 구현하고, 내장시키는 것이 중요하다. 따라서, 본 논문에서는 저손실과 소형화를 위해 LTCC 기판에 bare die인 저잡음 증폭기와 서브-하모닉 믹서를 기판에 탑재하기 위한 캐비티 구성과 와이어매칭을 우선 제안한다. 그리고 CB-CPW, 스트립 선로와 마이크로스트립 선로 등 필드 분포가 다른 선로를 연결하기 위한 최적의 선로 천이 방법을 설명한다. 마지막으로 필터를 내장하는 방법, 그리고 LTCC에 내장된 필터의 손실과 누설을 줄이고 원하지 않는 공진점을 제어할 수 있는 방법을 시뮬레이션을 통하여 제안하고, 실험 결과와 비교한다.

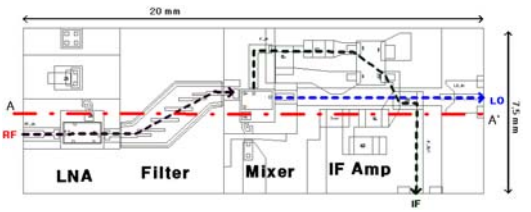
수신 모듈을 구현하기 위한 LTCC의 총 층수는 6층이며, 기판의 유전율 7.1, 유전체 손실은 40 GHz에서 0.002의 특성을 가진다. 그리고, LTCC로 제작된 40 GHz 대역의 수신 모듈을 측정하기 위하여, Anritsu사의 VNA(37397C), Agilent사의 Spectrum Analyzer(8565EC), Noise figure meter(N8975A)를 사용하였다. 이를 바탕으로 구현된 40 GHz 소형 수신기 모듈의 크기는 20×7.5×1.5 mm^3이며, 전체 잡음 지수 4.8 dB, 전체 하향 변환 이득은 19.83 dB, 입력 P1 dB가 -22.8 dBm 그리고 이미지 제거값이 36.6 dBc 이상의 우수한 특성을 얻었다. 그리고, 560~590 MHz 대역의 신호를 밀리미터파로 상향 변환하여 송신된 4채널의 디지털 TV 신호를 본 논문에서 제작된 수신기 모듈로 수신한 시연 결과를 보인다.

Ⅱ. 밀리미터파 LTCC 수신기 모듈 설계

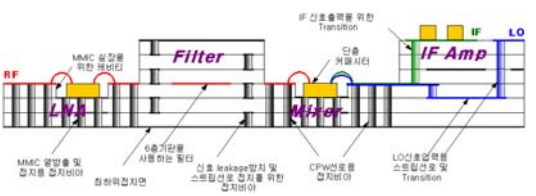
2-1 밀리미터파 LTCC 수신기 모듈 구성 및 요구 사항

본 논문의 밀리미터파 LTCC 수신기 모듈은 그림 1에서 보이는 것처럼 크게 4가지로 구분할 수 있다.

첫 번째로 40 GHz 대역의 RF 신호를 저잡음 증폭하는 저잡음 증폭기(UMS사의 CHA2194), 두 번째 통과 대역은 저손실로 통과시키고 이미지 신호를 제거하는 이미지 제거 필터(스트립 선로 병렬 결합 필터),



(a) LTCC 수신기 모듈 평면도(6층과 3층 기판)
(a) LTCC receiver module top view(6 and 3 layers)



(b) LTCC 수신기 모듈 단면도(A-A')
(b) LTCC receiver module cut view(A-A')

그림 1. LTCC 수신기 모듈 설계
Fig. 1. LTCC receiver module design.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)

세 번째로 40 GHz 대역의 RF 신호를 2.4 GHz 대역의 IF 신호로 하향 변환하며 요구되는 LO 주파수는 원 LO 주파수의 반인 서브-하모닉 믹서(Hittite사의 HMC339), 마지막으로 2.4 GHz 대역의 IF 신호를 증폭하여 IF 모듈로 보내는 IF 증폭기(Agilent사의 MGA-53543)이다.

40 GHz 대역의 RF 신호가 저잡음 증폭기와 필터를 통과한 후 이미지를 제거하고 40.5~41.5 GHz의 RF 신호만을 믹서로 보내면 19.132 GHz부터 112 MHz 간격으로 4개의 LO 신호를 입력 받아 중심 주파수가 2.4 GHz이며 대역폭이 250 MHz인 IF 신호를 출력한다. 이 IF 신호는 IF 증폭기를 거쳐 IF 모듈이 원하는 레벨로 증폭된 후 입력된다. 여기서 필터를 제외한 모든 소자의 대역은 40.5~43.5 GHz의 총 3 GHz 대역폭으로 안테나와 저잡음 증폭기 사이에 위치하는 1 GHz 대역폭을 가지는 LTCC 도파관 필터[5]에 의해 1 GHz씩 3개의 대역으로 나누어서 사업자에게 할당되게 된다.

그림 1(a)의 단면도가 그림 1(b)에 나타나 있다. 저잡음 증폭기와 믹서 MMIC는 접지를 강하게 유지하기 위해 캐비티 공정을 이용해 2층 LTCC 상에 위치하며 본드 와이어의 길이를 짧게 하기 위해 100 um의 MMIC 높이를 고려해 입출력 선로를 3층에 위치시켰다. 그리고 필터는 6층의 LTCC 기판을 사용하여 3층에 스트립 선로 형태로 위치하며 신호의 누설과 최상위면 접지를 위해 엇갈린 형태의 접지비아를 사용한다. 그리고 IF 신호와 LO 신호는 향후 Front-end 모듈, LO 모듈과의 연결을 위해 그림 1(a)와 같이 구성되어야 하며 믹서를 통과한 IF 신호와 LO 신호가 교차하는 문제를 해결하기 위해 IF 신호는 6층에 마이크로스트립 선로로 설계하고 LO 신호는 하위 4층을 사용하여 2층에 스트립 선로 형태로 설계하였다.

표 1에 나타나 있는 요구 사항은 10~66 GHz 대역 고정 통신용 스펙인 IEEE 802.16을 본 시스템에 적용한 것이다.

표 1. 40 GHz 대역 LTCC 수신기 모듈 요구사항
Table 1. Specification of 40 GHz band LTCC receiver module.

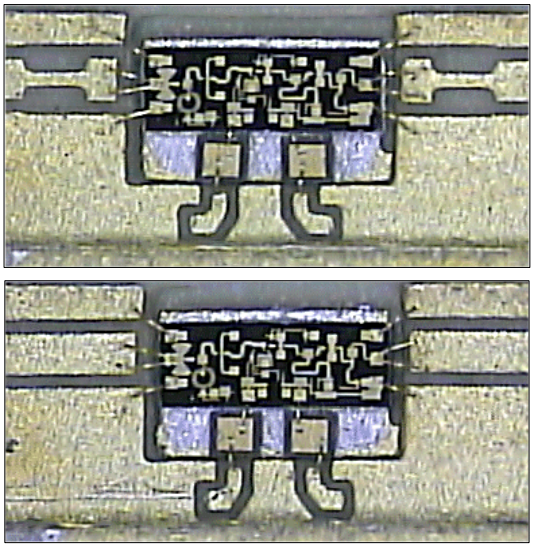
	요구사항	비고
RF / IF 주파수	40.5~41.5 GHz /2.4 GHz	40.5~43.5 GHz (전체 대역)
LO 주파수	19.132 GHz + 112 MHz step	서브-하모닉 믹서 사용
수신기 이득	20 dB	
수신기 평탄도	+/-2 dB	
입력 P1 dB	>-24 dBm	5 dB 마진 고려
잡음지수	<5 dB	수신 모듈에서
이미지 제거	>35 dBc	@3.964 GHz offset

2-2 저손실 및 소형화를 위한 LTCC 수동소자들

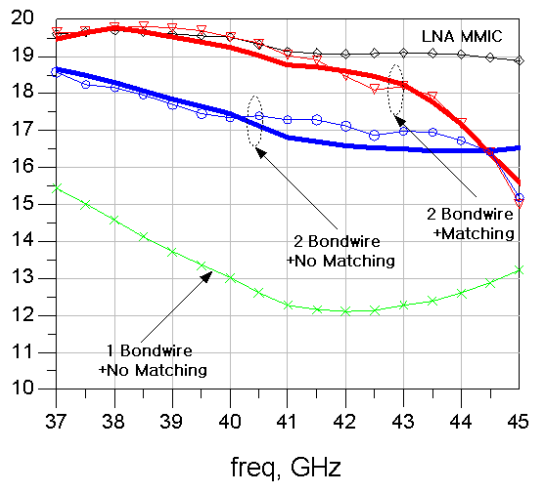
2-2-1 본드 와이어 매칭 회로 설계

위에서 설계한 LTCC 수신기 모듈에는 저잡음 증폭기와 믹서 두 가지의 MMIC가 사용된다. MMIC 상의 패드와 신호 선로 사이를 연결하는 방법으로 일반적으로 본드 와이어 기술과 플립 칩 탑재 기술이 널리 알려져 있다. 본드 와이어 기술은 현재 많은 상용품에 사용되는 보편화된 방법이며 성숙된 기술이지만 주파수가 밀리미터파 이상으로 높아짐에 따라 본드 와이어의 길이와 패드의 모양 등에 따라 많은 영향을 받는다. 반면 플립 칩 탑재의 경우 밀리미터파에서 본드 와이어에 비해 성능상 좋은 특성을 보이지만 현재 상용 MMIC의 접지 문제 및 열 팽창율의 차이로 인한 많은 문제점을 지니고 있다. 일반적으로 본드 와이어는 인덕턴스 성분을 나타내며 그로 인해 주파수가 증가함에 따라 손실이 증가하는 특성을 보인다. 그러므로 손실을 줄이기 위해서는 본드 와이어를 2개 사용해 인덕턴스 성분을 줄이거나[6] L-C-L 매칭 회로를 이용해 원하는 주파수의 손실을 줄이는 방법[7],[8]을 사용한다. 그림 2에 본드 와이어가 매칭된 회로와 그렇지 않은 회로의 제작 사진 및 측정 결과가 나타나 있다. LTCC에 MMIC를 탑재할 경우 접지 문제 및 본드 와이어의 길이를 줄이기 위해서 캐비티 공정을 사용해 MMIC를 탑재한다. 그리고 MMIC 패드상에 접지 패드를 CB-CPW의 접지면에 본드 와이어를 사용해 연결해 줌으로써 안정적인 접지를 유지할 수 있다. 제작을 위해 사용된 본드 와이어의 길이는 500 um 정도이며 그림 2(a)의 왼쪽과 같이 CB-CPW의 기본 전송 선로에 넓은 면적을 이용한 커패시턴스 성분과 가는 선을 이용한 인덕턴스 성분을 구성하였다. 오른쪽 그림은 CB-CPW 전송 선로에 본드 와이어가 직접 연결된 구조를 보인다.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.
한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)



(a) 본드 와이어 매칭된 LNA 회로(위쪽)와 본드 와이어 매칭 안된 LNA 회로(아래쪽)
(a) LNA circuit with matched bond-wire(on the up side) and with no matched bond-wire(on the down side)



(b) 본드 와이어의 시뮬레이션 및 측정 결과(굵은 선은 측정 결과, 가는 선은 시뮬레이션 결과)
(b) Simulated and measured results of (a)(Bold line is measured results and thin line is simulated results)

그림 2. 본드 와이어 매칭회로 제작 사진 및 측정 결과
Fig. 2. Photo and measurement of bondwire matching circuit.

그림 2(b)에 보이는 바와 같이 1개의 본드 와이어를 사용한 저잡음 증폭기의 경우 41 GHz에서 최대 7 dB의 큰 손실을 보임을 시뮬레이션 결과 알 수 있다. 참고로 시뮬레이션은 CST사의 MWS ver.5.0[9]을 사용해 수행되었다. 그리고 2개의 본드 와이어만을 사용해도 1개의 본드 와이어와 비교해서 5 dB 정도의 성능 향상을 나타냄을 알 수 있다. 마지막으로 2개의 본드 와이어와 매칭 회로를 사용한 저잡음 증폭기는 41 GHz에서 저잡음 증폭기 MMIC와 0.5 dB 정도의 작은 손실만을 보이며 시뮬레이션과 측정 결과가 잘 일치함을 볼 수 있다.

2-2-2 LO 입력 신호 천이구조 설계

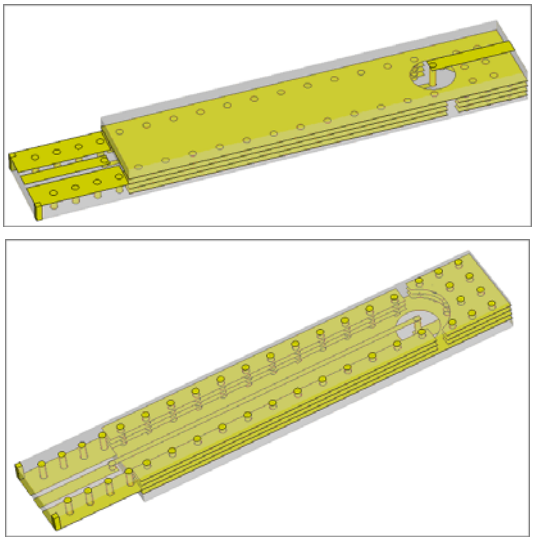
총 6층의 LTCC 기판을 사용하는 구조에서 IF 증폭기 회로와 LO 입력 신호가 교차하게 된다. 이를 피하기 위해 100 um 선폭의 최소 디자인 법칙을 만족하는 하위 4층을 LO 신호 전송을 위한 스트립 선로로 사용하고 상위 2층은 IF 증폭기 회로를 위해 사용한다. 만일 적층 구조가 아니라면 엇갈리게 위치한 IF와 LO 포트를 원하는 위치에 두기 위해서는 더 큰 면적을 이용해야 하며 20 GHz 대역의 신호를 사용하는 LO 신호의 손실은 훨씬 더 커질 것이다. 그리고 기존에 많이 사용하는 비아벽[10]을 이용하여 외부와의 격리도를 유지해 준다. 이때 20 GHz 대역의 LO 신호를 위한 천이 구조가 필요하며 그림 3에 보이는 바와 같이 CB-CPW-스트립 선로-마이크로스트립 선로 형태의 천이를 사용한다. 스트립 선로와 측면 접지 사이의 거리 및 4층에 위치한 원형 어퍼쳐의 반경은 400 um이며 신호 비아의 반경은 65 um이다. 그림 3(c)는 LO 입력 신호 천이의 시뮬레이션과 측정 결과를 보인다.

2-2-3 밀리미터파용 병렬 결합된 스트립 선로 필터 설계

밀리미터파에서 마이크로스트립 선로 필터는 일반적으로 공기 중이나 유전체로 방사되는 큰 방사 손실을 나타내며 설계된 필터 주변의 작은 환경 변화에도 큰 성능 변화를 나타내게 된다. 이 두 가지의 문제를 해결하기 위해서는 스트립 선로를 사용해 공기 중으로 방사되는 신호 성분을 줄이고 LTCC 비아벽을 사용해 유전체로 새는 신호 성분을 줄일 수 있다. 또한 이러한 접근은 필터 자체를 차폐하는 효과를 가져와 주변 환경에 따른 성능 변화를 크게 줄일 수 있다. 그림 4(a)는 증폭기와 믹서 사이에 위치해

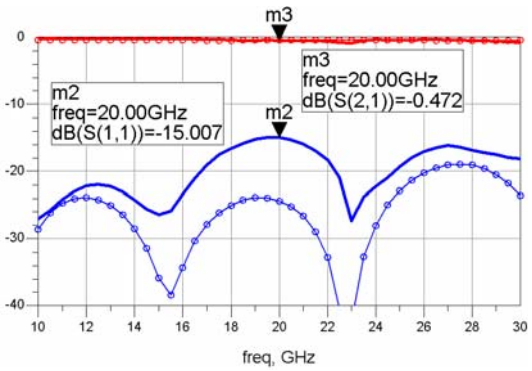
Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)



(a) LO 신호 입력을 위한 천이 설계도 윗면(위쪽)과 아랫면(아래쪽)

(a) Transition design for LO signal input(Top view is up side, Bottom view is down side)



(b) 마이크로스트립-스트립-CB-CPW 천이의 시뮬레이션 (가는 선) 및 측정 결과(굵은 선)

(b) Simulated results(thin line) and measured results(bold line) of microstrip-stripline-CB_CPW Transition

그림 3. LO 신호 입력을 위한 천이 구조 및 측정 결과

Fig. 3. Transition structure and measurement result for LO signal.

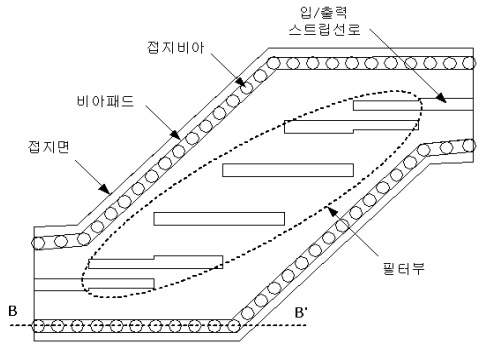
원하는 주파수를 선택하는 일반적인 대역 통과 필터를 보인다.

신호의 누설 방지와 접지 효과를 위해 필터 주변을 따라 총 6층의 비아가 위치하는데 6층의 비아를 일렬로 쌓는 경우 비아가 있는 부분이 불룩하게 쏟아오는 현상이 발생한다. 밀리미터파의 경우 필터를 구성하는 다양한 변수들의 작은 변화에도 큰 주파수 이동 및 성능의 변화를 줄 수 있기 때문에 필터 구현 부분의 평탄도를 향상시켜야 하며 이를 위해 교차로 배치된 접지 비아를 사용한다. 그리고 층간 교차되어 있는 접지 비아를 연결하기 위해서 1, 2, 3, 4, 5층 도체층에 비아 패드를 삽입한다. 또한 접지 비아의 전체 모양이 하나의 캐비티를 형성해 원하지 않는 주파수에 공진을 만들 수 있으므로 접지 비아 사이의 간격을 적당히 조절해야 한다. 여기서 주의할 점은 접지 비아 사이거리가 멀어지면 스트립 선로 필터의 윗면 접지 효과가 줄어들어 필터의 삽입 손실이 증가할 수 있으며 거리가 너무 가까우면 필터와의 커플링이 증가하여 주파수 변화 및 원하지 않는 필터 성능을 나타내게 된다. 본 논문에서는 비아 사이의 거리가 380 um이며 전체 캐비티 구조에 의한 공진 주파수는 대략 48 GHz에서 발생한다. 그림 4(b)는 단면 B-B'를 개념적으로 나타낸 그림으로 접지 비아가 교차로 배치된 모양을 보여준다.

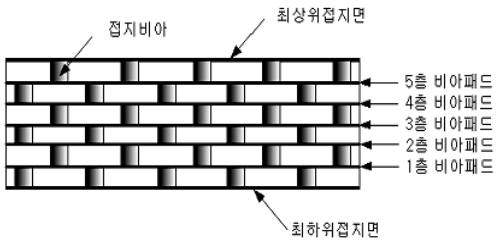
그림 4(c)와 (d)에 제작된 스트립 선로 필터의 사진과 측정 결과가 나타나 있다. 측정 결과는 Anritsu 사의 네트워 분석기(37397C)를 사용해 측정되었으며 중심 주파수가 41.75 GHz, 삽입 손실이 2.92 dB (입/출력 천이 포함), 반사 손실이 15.5 dB 이하, 3.964 GHz offset에서의 이미지 제거 특성이 40 dBc로 측정되었다. 여기서 측정치와 시뮬레이션 사이에 삽입 손실의 차이는 제작된 필터의 패턴 roughness의 문제로 추정되며 전체적인 특성은 시뮬레이션 결과와 잘 일치한다. 이는 기존의 LTCC를 이용한 도파관 필터[11]의 손실(1.6 dB)보다는 크나 듀얼모드 패치 공진기를 사용하는 스트립 선로 필터[12]의 손실(5.27 dB)보다는 좋은 특성을 나타낸다. 일반적으로 밀리미터파 모듈에 사용되는 필터는 알루미나 기판 또는 Duroid 기판에 제작된 후 메인 보드에 본드 와이어 형태로 연결된다. 하지만 40 GHz 이상의 주파수에서는 본드와이어의 길이가 300 um 이상이면 2개를 사용해도 손실이 커지기 때문에 매칭 회로를 구성해야 한다. 이 매칭 회로는 위에서 언급한 것과 유사한 형태가 될 것이며 인해 성능 열화 및 크기의 증가를 가져온다. 그러나 LTCC 적층 기술을 사용함으로써 내장된 필터의 입/출력 스트립 선로에서 저잡음 증폭기와 믹서의 CPW 선로로 간단한 천이에 의해 길이가 짧고 손실이 적은 연결이 가능하다.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

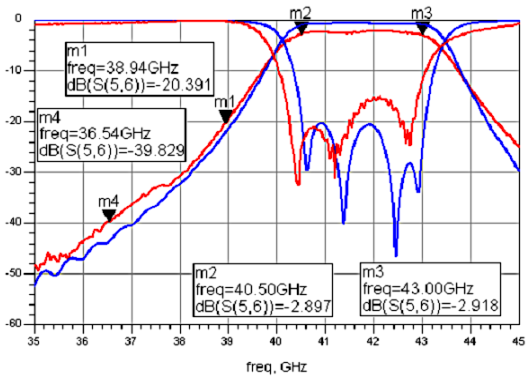
한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)



(a) 필터 레이아웃
(a) Filter layout



(b) 접지 비아 단면도
(b) Ground via cut view



(c) 시뮬레이션 및 측정 결과
(c) Simulated and measured results

(d) 필터 제작사진
(d) Filter photograph

그림 4. 40 GHz 대역 LTCC 병렬 결합 대역 통과 필터
Fig. 4. LTCC parallel-coupled bandpass filter in 40 GHz band.

Ⅲ. 밀리미터파 수신기 측정 결과 및 디지털 TV 전송시험

3-1 밀리미터파 수신기 모듈의 제작 및 측정

LTCC 수신기 모듈은 총 6층 기판을 사용하였으며 20×7.5×2mm^{3}의 작은 크기이다. 그림 5의 왼쪽에 실제 제작된 사진이 보이며 기구물의 크기는 본드와이어 공정이 가능한 크기로 제작되었다. RF 신호를 위한 V-type 컨넥터와 IF/LO 신호를 위한 두 개의 SMA 컨넥터가 있으며 저잡음 증폭기, 믹서, IF 증폭기를 위한 바이어스 공급 단자가 존재한다.

그림 5의 오른쪽을 보면 ADS를 이용해 전체 구조에 대한 성능 시뮬레이션 설계도가 있다. 저잡음 증폭기, 믹서, IF 증폭기는 단일 모듈 측정을 통한 S-parameter를 사용했으며 스트립 필터는 그림 5에 보이는 것과 같이 결합선로의 조합을 통해 구성하였다. 이 설계를 통해 얻은 시뮬레이션 결과가 그림 6에 나타나 있다.

그림 6에 Agilent사의 스펙트럼 분석기(8565EC)와 잡음 지수 분석기(N8975A)를 사용해 측정된 잡음 지수와 전력포화곡선이 나타나 있다. 40.5~41.5 GHz 내에서의 잡음 지수가 4.8 dB 이하(잡음지수 시뮬레이션은 MMIC, 본드 와이어, 와이어 매칭, CB-CPW, V-type 커넥터 포함)이며 RF 입력 신호는 -23 dBm 정도에서 포화(입력 P1 dB)되며 시뮬레이션 결과와 아주 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 자세한 측정값은 표 2에 요약해 놓았다.

3-2 디지털 TV 전송시험

위에서 제작된 LTCC 수신기를 디지털 TV 전송에

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)

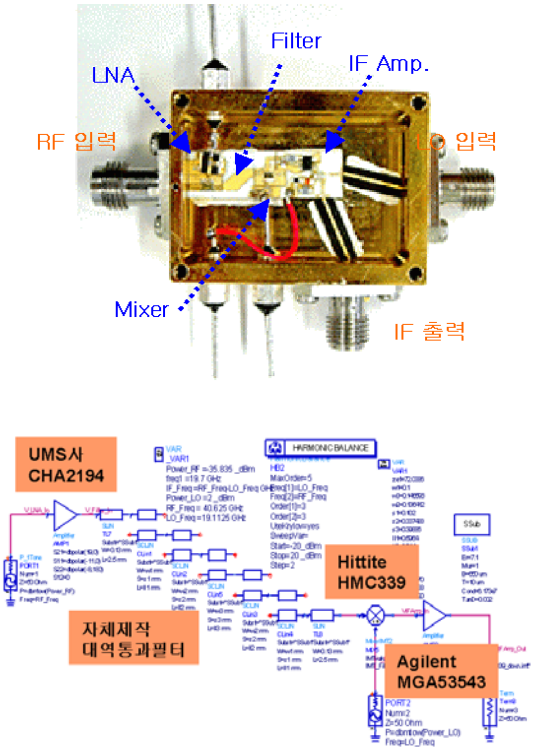


그림 5. 수신기 모듈 제작 사진 및 ADS를 이용한 시뮬레이션 구조

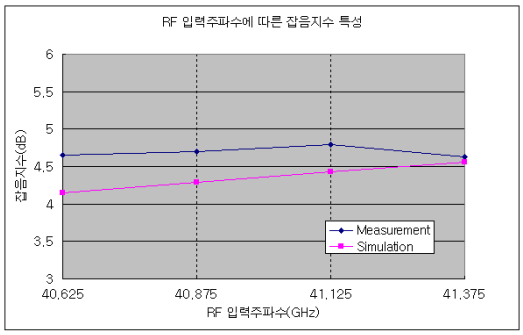
Fig. 5. Receiver module photograph and simulation structure using ADS.

표 2. 40 GHz 대역 LTCC 수신기 모듈 측정값

Table 2. Measurement value of 40 GHz band LTCC receiver module.

	요구사항	측정값
RF / IF 주파수	40.5~41.5 GHz/ 2.4 GHz	40.5~41.5 GHz/ 2.4 GHz
LO 주파수	19.132 GHz + 112 MHz step	19.132 GHz + 112 MHz step
수신기 이득	20 dB	19.83 dB
수신기 평탄도	+/-2 dB	+/-0.25 dB
최대 수신전력레벨	>-24 dBm	>-22.8 dBm
잡음지수	<5 dB	<4.788 dB
이미지제거	>35 dBc	>36.6 dBc

응용하였다. 본 디지털 TV 전송 시험은 상대적으로 크기가 큰 아날로그 신호는 500 MHz 대역 통과 필터를 이용해 얼마만큼 감쇠시킨 후 디지털 TV 신호만을 대상으로 시험하였으며 4 m 거리의 실험실 환



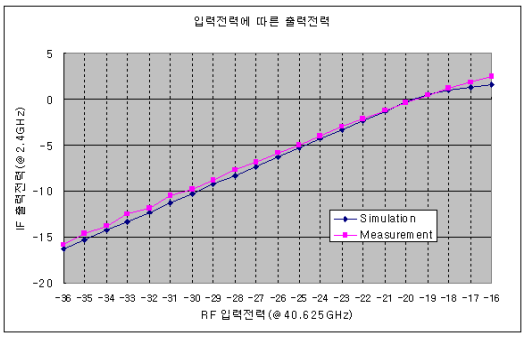


그림 6. LTCC 수신기 모듈의 측정 결과

Fig. 6. Simulated and measured results of receiver module.

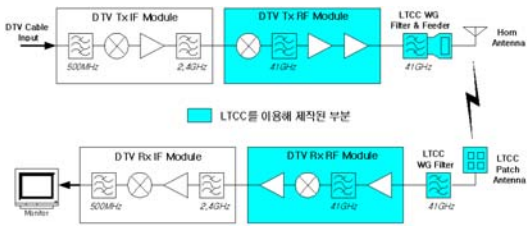


그림 7. DTV 전송 시험 구성도

Fig. 7. DTV transmission test diagram.

경에서 선명한 디지털 TV의 화질이 유지되며 전송되는 것을 확인하였다. 전체 시험의 구성도는 그림 7과 같으며 송신기, 수신기, 도파관 필터, 패치 안테나, 도파관 피더가 LTCC를 이용하여 구현되었으며 송신 안테나는 자체 제작된 원형 혼안테나를 사용하였다. 송신 혼안테나의 이득은 18 dBi이며 수신 안테나는 2×2 패치 어레이 안테나로 이득은 8 dBi이다.

Ⅳ. 결 론

지금까지 밀리미터파인 40 GHz 대역에서 고정통

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)

신용 신호 전송에 사용할 수 있는 광대역 LTCC 수신기 모듈을 소개하였다. 특히 소자 사이의 연결에서 발생하는 신호 교차를 해결하고 전송 손실을 줄이기 위한 마이크로스트립-스트립-CB_CPW 및 CB_CPW-스트립 선로 등 다양한 천이를 사용했다. 그리고 방사 손실을 줄이기 위해 스트립 선로 형태의 이미지 제거 필터를 사용함으로써 전체 모듈의 성능을 향상시켰으며 필터의 입/출력 선로 천이를 간단히 하고 LO 신호를 모듈 내부에 실장함으로써 전체구조를 소형화 하였다. 그리고 500 MHz 대역의 디지털 TV 신호를 전송 시험함으로써 제작된 LTCC 수신 모듈의 성능을 검증하였다.

참 고 문 헌

[1] R. Kulke, G. Möllenbeck, W. Simon, A. Lauer, and M. Rittweger, "Point-to-multipoint transceiver in LTCC for 26 GHz", *IMAPS-Nordic, Proceedings*, pp. 50-53, Sep.-Oct. 2002.

[2] K. Ohata, K. Maruhashi, M. Ito, S. Kishimoto, K. Ikuina, T. Hashiguchi, K. Ikeda, and N. Takahashi, "1.25 Gbps wireless gigabit ethernet link at 60 GHz-Band", *Microwave Symposium Digest, 2003 IEEE MTT-S International*, vol. 1, pp. 373-376, Jun. 2003.

[3] A. Yamada, E. Suematsu, K. Sato, M. Yamamoto, and H. Sato, "60 GHz ultra compact transmitter/receiver with a low phase noise PLL-Oscillator", *Microwave Symposium Digest, 2003 IEEE MTT-S International*, vol. 3, pp. 2035-2038, Jun. 2003.

[4] K. Maruhashi, K. Ohata, H. Shimawaki, Y. Shoji, and H. Ogawa, "Small-size 72-GHz-band transceiver modules utilizing IF self-heterodyne transmission technology", *Microwave Symposium Digest, 2003 IEEE MTT-S International*, vol. 2, pp. 1045-1048, Jun. 2003.

[5] 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.

[6] T. P. Budka, "Wide-bandwidth millimeter-wave bond-wire interconnects", *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, vol. 49, pp. 715-718, Apr. 2001.

[7] F. Alimenti, P. Mezzanotte, L. Roselli, and R. Sorrentino, "Modeling and characterization of the bonding-wire interconnection", *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, vol. 49, pp. 142-150, Jan. 2001.

[8] S. Yun, H. Lee, "Parasitic impedance analysis of double bonding wires for high-frequency integrated circuit packaging", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol. 5, pp. 296-298, Sep. 1995.

[9] CST MWS ver.5.0.

[10] K. Kim, B. S. Kim, J. W. Lee, K. C. Eun, and M. S. Song, "Low loss vertical transition for millimeter-wave LTCC module", *TSMMW*, pp. 114-117, Feb. 2004.

[11] R. Valois, D. Baillargeat, S. Verdeyme, M. Lahti, and T. Jaakola, "LTCC technology for 40 GHz bandpass waveguide filter", *Microwave Symposium Digest, 2005 IEEE MTT-S International*, pp. 12-17, Jun. 2005.

[12] Y. C. Lee, C. S. Park, "A 60 GHz stripline BPF for LTCC system-in-Package applications", *Microwave Symposium Digest, 2005 IEEE MTT-S International*, Jun. 2005.

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)

김 봉 수

1999년 2월: 충남대학교 정보통신공학과 (공학사)
2001년 2월: 충남대학교 정보통신공학과 (공학석사)
2000년 12월~현재: 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 연구원
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 수동회로 해석 및 설계, 밀리미터파 RF/IF 시스템 분석

김 광 선

1998년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
2000년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 4월~현재: 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 선임연구원
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 발진기, PLL 설계, 밀리미터파 RF/IF 시스템 분석

은 기 찬

2001년 2월: 전북대학교 전자공학과 (공학사)
2003년 8월: 한국정보통신대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 8월~현재: 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 연구원
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 수동 및 능동 회로 설계, 밀리미터파 RF 시스템 분석

변 우 진

1992년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1995년 2월: KAIST 전기 및 전자공학과 (공학석사)
2000년 2월: KAIST 전기 및 전자공학과 (공학박사)
2004년 8월: 삼성전기(주) 책임연구원
2004년 9월~현재: 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 선임연구원
[주 관심분야] RF 송수신기 설계, 안테나, 밀리미터파 수동소자 및 전자파 수치해석

송 명 선

1984년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
1986년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
1986년 2월~현재: 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 광대역 RF 연구팀장
[주 관심분야] 초고주파 및 밀리미터파 회로 설계, 응용시스템 개발

Copyright (C) 2005 NuriMedia Co., Ltd.

한국전자통신연구원 | IP:129.254.9.*** | Accessed 2019/12/24 16:44(KST)