

초소형 60 GHz LTCC 전력 증폭기 모듈

A Very Compact 60 GHz LTCC Power Amplifier Module

이 영 철

Young-Chul Lee

요 약

본 논문에서는 저온 소성 세라믹(LTCC)에 기초한 SiP 기술을 이용하여 60 GHz 무선 통신을 위한 송신기용 초소형 전력 증폭기 LTCC 모듈을 설계 및 제작하여 그 특성을 측정하였다. 60 GHz 대역에서 LTCC 다층 기판과 전력 증폭기 MMIC의 상호 연결 손실을 줄이기 위해 와이어 본드와 기판 사이의 천이를 최적화하였고, MMIC 집적을 위한 고 격리 구조를 제안하였다. 와이어 본드 천이의 경우, 와이어의 인덕턴스를 감소시키기 위해 매칭 회로의 설계와 와이어 상호간의 간격을 최적화하였다. 또한 상호 연결 불연속 효과로 인한 전계의 방사를 억제하기 위해 코프라나 와이어 본드 구조를 이용하였다. 고 격리 모듈 구조를 위하여, LTCC 기판 내부에 DC 전원 배선을 내장시키고 비아로 그 주위를 차폐를 시켰다. 5층의 LTCC 기판을 사용하여 제작된 전력 증폭기 LTCC 모듈의 크기는 4.6×4.9×0.5 mm³이고, 60~65 GHz 대역에서 이득과 P1dB 출력 전력은 각각 10 dB와 11 dBm이다.

Abstract

In this paper, using low-temperature co-fired ceramic(LTCC) based system-in-package(SiP) technology, a very compact power amplifier LTCC module was designed, fabricated, and then characterized for 60 GHz wireless transmitter applications. In order to reduce the interconnection loss between a LTCC board and power amplifier monolithic microwave integrated circuits(MMIC), bond-wire transitions were optimized and high-isolated module structure was proposed to integrate the power amplifier MMIC into LTCC board. In the case of wire-bonding transition, a matching circuit was designed on the LTCC substrate and interconnection space between wires was optimized in terms of their angle. In addition, the wire-bonding structure of coplanar waveguide type was used to reduce radiation of EM-fields due to interconnection discontinuity. For high-isolated module structure, DC bias lines were fully embedded into the LTCC substrate and shielded with vias. Using 5-layer LTCC dielectrics, the power amplifier LTCC module was fabricated and its size is 4.6×4.9×0.5 mm³. The fabricated module shows the gain of 10 dB and the output power of 11 dBm at P1dB compression point from 60 to 65 GHz.

Key words : Power Amplifier Module, SiP(System-in-Package), LTCC(Low-Temperature Co-fired Ceramic), Wire-Bonding

I. 서 론

100 Mbps 이상의 초고속 무선 통신 응용을 위하여 밀리미터파를 이용한 시스템의 개발이 활발히 진행되고 있다^{[1]~[4]}. 특히 ISM(Industrial Science Medical)

밴드인 60 GHz 대역은 초고속 무선 통신을 위해 적합하다. 60 GHz 대역은 산소에 의한 감쇄가 커서 셀 간의 간섭이 적어 주파수 재 사용율이 높고, 광대역 초고속 무선 전송 시스템을 구현할 수 있다. 따라서 최근에 각국에서 실시간 영상 전송 시스템^[1], 무선

국립목포해양대학교 해양전자통신공학부(Division of Marine Electronics and Communication Eng., MMU)

· 논문 번호 : 20060926-118

· 수정완료일자 : 2006년 10월 24일

gigabit Ethernet^[2], 차세대 휴대용 internet^[3], 그리고 무선 LAN^[4]과 같은 여러 시스템 개발에 많은 관심과 연구를 집중하고 있다.

일반적으로 밀리미터파 대역의 통신 시스템은 개별 소자가 저 손실 기판에 금속 하우징과 커넥터로 패키징이 이루어져 부품의 크기가 크고 가격이 고가이기 때문에 범용화 하는데 많은 어려움이 있다. 따라서 초소형 부품이 요구되는 고정 무선 또는 휴대용 시스템의 구현을 위해서는 초소형 및 저가격의 초고주파 시스템의 개발이 필수적이다. 여러 유망한 RF 시스템 집적화 기술들 중에서 LTCC(Low Temperature Co-fired Ceramic)를 이용한 SIP(System-in-Package) 기술은 높은 다층 회로 집적도, 우수한 전도성 도체, 낮은 손실, 그리고 반도체와 유사한 열 팽창계수(TCE: Temp. Coefficient of Expansion)의 특성^[5] 때문에 밀리미터파 시스템^{[1],[2]}의 집적에 많이 응용되고 있다.

초소형 모듈의 구현에서 전송선이나 본드 와이어 연결을 따라서 발생하는 손실은 밀리미터파 모듈의 효율이나 잡음 성능을 위해 최소화 되어야 한다. 또한, 3차원적으로 집적된 초소형 모듈에서 칩을 LTCC 다층 회로에 집적하기 위한 와이어 본드 연결이나 전송선 상호간의 천이, 또는 수직 비아 천이 등에서 불연속은 상당한 양의 신호를 반사 또는 방사를 발생시킨다. 이러한 반사 및 방사는 신호의 손실, 누설이나 피드백에 의한 시스템의 불안정^[6]을 초래할 수 있다. 따라서 불연속 및 누설을 최소화할 수 있는 저 손실 와이어 연결 및 고 격리 모듈 구조가 요구된다.

본 논문에서는 저 손실의 초소형 모듈의 구현을 위하여 3차원 LTCC 다층 회로 기판에 전력 증폭기 칩의 집적 시에 발생하는 연결 손실과 방사 손실의 감소를 위한 코프라나 형태의 와이어 본드 구조를 최적화하고 고 격리의 3차원 모듈 구조를 제안하였다. 저 손실 연결 구조와 3차원 초소형 고 격리 구조를 이용하여 60 GHz 초고속 무선 통신 시스템 응용을 위한 초소형 전력 증폭기 LTCC 모듈들을 설계 및 제작하여 그 특성을 측정하였다.

II. 모듈 설계 및 제작

2-1 코프라나형 와이어 본드 구조의 최적화

MMIC와 LTCC 기판 사이의 연결은 일반적으로 와이어 본드와 플립 칩 기술을 이용하여 진행되어 왔다. 와이어 본드 기술은 현재 많이 사용되는 상용 기술로 간단하고 가격이 싼 장점이 있다. 그러나, 밀리미터파 대역으로 사용 주파수가 높아짐에 따라 기생 인덕턴스 성분과 방사로 인해 많은 손실이 야기된다^{[7]~[9]}. 플립 칩 기술의 경우, 밀리미터파 영역에서 와이어 본드보다 우수한 특성을 나타내지만 접지를 위한 MMIC의 전송선 구조, 열 팽창률 등과 같은 문제점을 가지고 있다.

RF 경로를 따라 발생하는 기생 인덕턴스와 방사를 감소시키기 위해 2개의 와이어를 사용하여 기생 인덕턴스를 줄이거나^[7] 매칭 회로^{[8],[9]}를 이용하여 원하는 주파수 대역에서 손실을 감소시키는 방법이 이용되어왔다. 밀리미터파 영역에서 와이어 본드의 특성과 연결 파라미터를 분석하기 위해 코프라나 구조^[10]를 제안하였으나, 와이어의 인덕턴스로 인해 제안된 구조의 손실이 60 GHz에서 약 -2 dB를 나타내었다. 또한 최근에는 매칭 회로와 MMIC와 기판 사이의 안정적인 접지^[11]를 위해 칩과 기판의 접지를 연결한 구조가 이용하여 우수한 연결 특성을 나타내었으나 매칭 회로를 포함한 본드 와이어 상호 연결 부분이 다소 커지는 단점이 있었다.

본 연구에서는 와이어 본드 연결에서 가장 큰 문제인 기생 인덕턴스와 불연속 방사를 감소시켜 저 손실 상호 연결을 구현하기 위하여 최적화된 2개의 와이어를 이용한 코프라나 본드 와이어 연결 구조를 설계하였다. 최적의 구조와 전자계의 분석을 위하여 3차원 전자계 시뮬레이터인 CST사의 MWS^[12]를 이용하였다.

그림 1은 본 연구에서 설계한 코프라나 와이어의 3차원 구조를 나타내고 있다. 본드 와이어의 길이를 줄이고 MMIC와 LTCC 사이의 접지면 불연속을 감소시키기 위해, 캐비티 공정을 이용하여 MMIC의 접지면과 LTCC 전송선의 접지면 높이가 같도록 설계하였다. 사용된 와이어는 지름이 1 mil이고 길이는 310 μm 이다. 와이어의 인덕턴스의 영향을 줄이기 위해 50 Ω 의 LTCC 접지면 코프라나 도파관(CB-CPW: conductor backed CPW) 전송선 선로에 넓은 면적의 커패시터 성분이 발생하도록 매칭 회로를 설계하였다. 설계에 이용된 LTCC 기판 및 GaAs의 유전

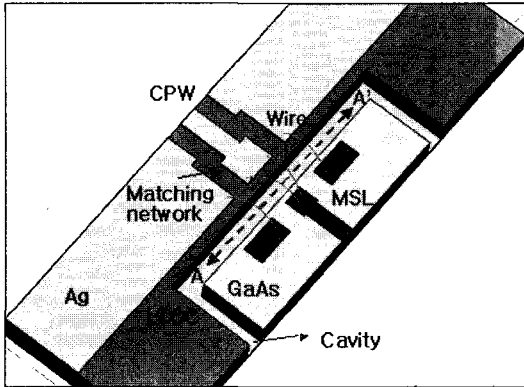
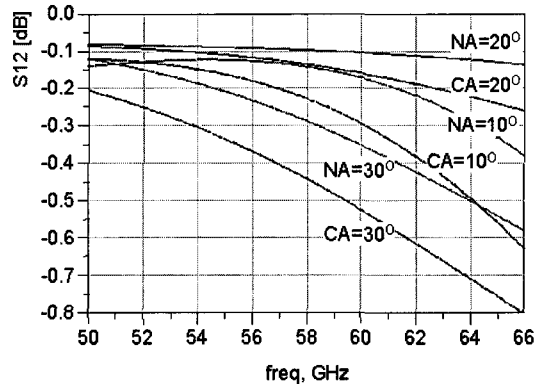


그림 1. 코프라나 와이어 상호 연결 구조
 Fig. 1. Interconnection structure of the coplanar wire-bonding.

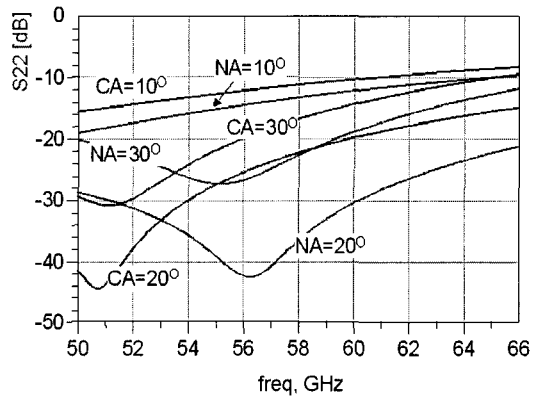
율은 각각 7.8과 12.9로 설정하였다. LTCC 기판의 총 두께는 $200 \mu\text{m}$ 이며, 매칭을 위한 패드의 크기는 $200 \times 200 \mu\text{m}^2$, 접지와와의 갭(Gap: G)은 $90 \mu\text{m}$ 이며, CB-CPW의 선폭(W), 갭, 그리고 길이는 각각 100, 90, 그리고 $400 \mu\text{m}$ 이다. GaAs MMIC 위의 CB-CPW 패드의 경우, 선폭과 갭은 각각 100과 $100 \mu\text{m}$ 이다. 접지면의 크기는 $200 \times 100 \mu\text{m}^2$ 이며, 칩의 신호선인 마이크로 스트립의 폭과 길이는 각각 75와 $200 \mu\text{m}$ 이다.

와이어 본드 연결 구조에서 발생하는 불연속으로 인한 방사 손실을 감소하기 위하여 MMIC의 입출력단의 접지 패드와 LTCC 기판의 CB-CPW 접지면과 연결된 코프라나 와이어 본드 구조를 설계하였다. 여기서 와이어의 상호 인덕턴스 감소를 위해 와이어 상호간의 각도를 조정하였다. 각도는 전송선 중앙을 기준으로 와이어와의 각도를 조정하여 전송 특성을 분석하였다.

그림 2에 각도가 10, 20, 그리고 30도로 변화시켰을 경우, 와이어 본드 상호 연결의 삽입 손실(a)과 반사 손실(b) 특성을 나타내고 있으며, 각각의 경우는 접지면 와이어가 없는 일반적인 구조와 코프라나 와이어 본드 구조의 특성을 비교하였다. 와이어와 전송선 중앙 사이 각이 20도에서 그 각도가 최적화됨을 알 수 있으며, 삽입 손실과 반사 손실이 일반적인 구조에 비해 최고 약 0.4 dB와 -20 dB 각각 개선된 결과를 얻었다. 이는 와이어의 상호 인덕턴스가 최적화된 각도(20도)에 의하여 그리고 와이어 자체의 자기 인덕턴스 성분은 매칭 회로에 의해 각각 효과적



(a) 삽입 손실 특성
 (a) Insertion loss



(b) 반사 손실 특성
 (b) Return loss

그림 2. 와이어 사이 간격에 따른 삽입 손실 및 반사 손실 특성 (CA와 NA: 일반적인 구조와 제안된 구조에서의 와이어 사이 각도)

Fig. 2. Insertion loss and return loss characteristics as the function of the angles between wires (CA and NA: the angles of the conventional and novel wire-bond structure, respectively).

으로 감소된 것으로 판단된다. 또한, 2개의 와이어만으로 설계된 일반적인 구조(CA)에 비하여 접지면이 상호 연결된 코프라나 와이어 본드 구조(NA)가 삽입 손실과 반사 손실 면에서 모든 각도에서 개선된 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이를 분석하기 위해, 와이어 상호 연결의 3차원 전계의 분포를 이용하였다.

그림 3은 그림 1의 A-A'로 표시된 부분에서의 일반적인 와이어 본드 구조와 코프라나 와이어 본드 구조의 전계 분포를 나타내고 있다. 코프라나 형태

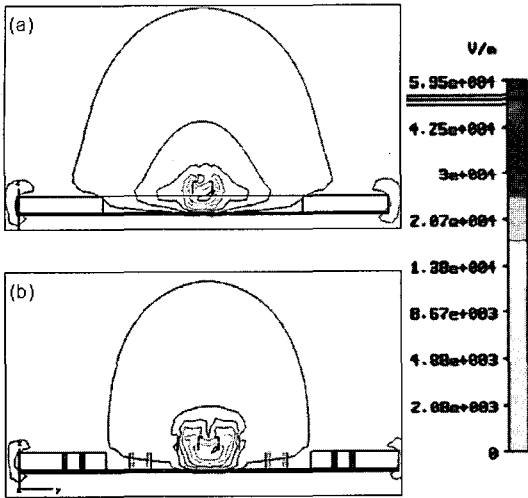


그림 3. 와이어 본드 구조의 전계 분포 (a: 일반적인 구조, b: 제안된 구조)
 Fig. 3. Electric field distribution of the wire-bond structures (a: the conventional structure and b: the proposed one).

의 와이어 본드 구조에서 전계가 방사하지 않고 접지면 와이어 본드 내부에 한정되는 것을 알 수가 있다. 따라서 본 연구에서 제안된 코프라나 본드 상호 연결 구조는 와이어 각도의 최적화로 인한 기생 인덕턴스 감소와 접지면 와이어에 의한 전계 방사 감소로 와이어 상호 연결의 전송 손실과 반사 손실의 개선이 이루어진 것으로 판단된다. 설계 결과 최적화된 코프라나 와이어 연결 구조에 의해 60 GHz에서 삽입 손실이 0.105 dB 반사 손실이 -30 dB로 일반적인 구조에 비해 각각 0.05 dB와 -10 dB 개선시켰다.

2-2 고 격리 LTCC 모듈 구조

밀리미터파 회로는 전송선^{[13],[14]}이나 불연속^{[15],[16]}으로부터 발생한 방사(radiation) 손실은 DC 전원 배선, IF 경로, 또는 신호선들을 타고 모듈의 다른 회로로 전파할 수 있다. 이러한 결과로 예상하지 못하는 누설이나 피드백을 초래하게 되며, 이런 내부적인 누설이나 피드백 효과^[6]가 회로의 안정도 치명적인 영향을 줄 수 있다. 따라서 밀리미터파 회로의 3차원 SiP 응용을 위해서는 고 격리 3차원 구조가 요구된다.

그림 4은 LTCC 다층 회로 기판을 이용한 3차원 고 격리 모듈의 단면을 나타내고 있다. 모듈의 크기를

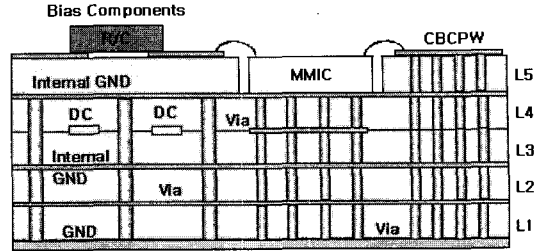


그림 4. 고 격리 모듈의 단면도 (GND: 접지면)
 Fig. 4. Cross-sectional view of the high-isolated module (GND: the ground plane).

줄이기 위해 비아, 내부 접지면, 캐비티, 스트립라인, 그리고 CB-CPW와 같은 다양한 3차원 구조가 이용되었다. 다층 회로 층간 연결과 MMIC 칩의 집적을 위해 비아와 캐비티가 각각 이용되었다. 회로의 안정도를 높이기 위해, 전원 배선을 통한 누설과 이로 인한 피드백 효과를 방지하고자 증폭기의 DC 전원 배선을 모두 스트립라인 형태로 LTCC 다층 회로 내부에 내장시켰고 배선 주위를 비아로 모두 차폐시켰다. 그리고 LTCC 기판의 높은 유전율과 불연속 효과로 인한 표면파의 발생과 이의 전파를 방지하고 이를 통한 누설을 억제하기 위해 고 격리 전송선 구조인 CB-CPW를 기본적인 전송선으로 사용하였다. 그러나, CB-CPW의 경우, 상하 접지면과 이의 연결을 위한 비아로 인해 기생적인 구형 도파관 모드^[17]나 마이크로스트립 패치 안테나 모드^[18]가 발생하여 모듈의 동작에 치명적인 영향^{[6],[19]}을 줄 수 있다. 이들 기생 모드들의 억제를 위해 비아를 CBCPW 전송선의 갭에 근접하여 형성함으로써 비아 사이의 거리를 감소시켜 구형 도파관 모드를 동작 주파수 영역보다 높게 할 수 있고, 갭을 통한 커플링(coupling)을 억제하여 패치 안테나 모드의 발생을 억제시킬 수 있다^{[13],[19]}. 본 연구에서는 CB-CPW의 갭에서 100 μm 떨어져 접지면에 비아를 배치하였고 이때의 비아 사이의 거리는 480 μm 이다.

2-3 초소형 LTCC 모듈의 제작

제안된 코프라나 와이어 상호 연결 구조와 고 격리 3차원 모듈 구조를 이용하여 60 GHz 전력 증폭기 LTCC 모듈을 제작하였다. 이용된 LTCC 다층 회로는 총 5층이며 총 두께는 500 μm 이다. 기판의 유전율

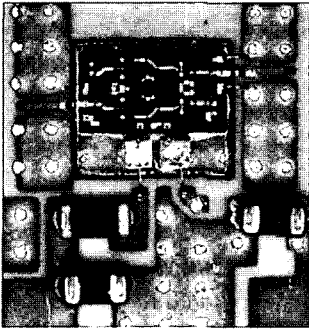


그림 5. 제작된 전력 증폭기 LTCC 모듈 ($4.6 \times 4.9 \times 0.5 \text{ mm}^3$)

Fig. 5. Fabricated power amplifier LTCC module ($4.6 \times 4.9 \times 0.5 \text{ mm}^3$).

은 7.8이다. 다층 회로 내부용 도체는 Ag가 사용되었고, 와이어 본드와 DC 전원 부품의 탑재를 위해 외부 도체는 Ag/Pd가 사용되었다. 공정은 일반적인 LTCC 공정인 비아 펀칭, 비아 필링, 도체 프린트, 다층 회로 적층 및 열처리 순으로 진행되었다. 제작에 이용된 전력 증폭기 MMIC는 Velocium사의 ABH-209 상용 칩이며, 55~65 GHz의 동작 주파수 범위에서 일반적인 이득은 11 dB, P1dB 출력은 16 dBm, 그리고 크기는 $1.2 \times 2.2 \text{ mm}^2$ 이다.

그림 5는 제작된 전력 증폭기 LTCC 모듈을 나타내고 있으며, 모듈 내에 GaAs MMIC 칩, 2개의 de-coupling 칩 커패시터, 2개 SLC(Single Layer Cap), 그리고 게이트단에 1개의 저항이 실장되어 있다. 모든 부품을 포함하여 모듈의 크기가 $4.6 \times 4.9 \times 0.5 \text{ mm}^3$ 이다.

III. 모듈 측정 결과

RF 프로브를 이용하여 제작된 전력 증폭기 모듈의 특성을 평가하였다. 그림 6은 전력 증폭기 모듈의 소신호 특성의 측정 결과를 나타내고 있다. 제안된 와이어 구조의 특성을 평가하기 위하여 제작된 전력 증폭기에서 제안된 코플라나 구조와 접지면 와이어가 없는 일반적인 와이어 구조를 각각 측정하여 비교하였다. 삽입 손실의 경우, 60 GHz에서 코플라나 구조가 0.5 dB의 미소한 개선을 보여 10 dB의 이득을 나타내고 있다. 코플라나 구조의 반사 손실 특성의 경우, 60 GHz에서 입력 반사 손실(S_{11})은 15.3에서 24.5 dB로, 출력 반사 손실(S_{22})은 11.6에서 14.5 dB로 9.2

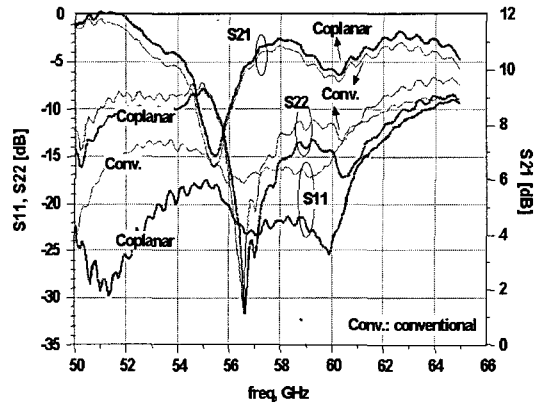


그림 6. 전력 증폭기 모듈의 소신호 특성 측정 결과 (코플라나 구조와 일반적인 와이어 본드 구조의 특성 비교)

Fig. 6. Measured small-signal results of the fabricated power amplifier module(Comparison of the coplanar wire bonding structure with the conventional one).

dB와 2.9 dB 각각 개선되었다. 따라서, 제안된 코플라나 구조의 와이어 연결이 밀리미터파 모듈의 연결로 우수한 특성을 나타냄을 확인하였다. DC 전력 소모는 $V_g = -0.3 \text{ V}$, $V_d = 4 \text{ V}$, $I_d = 83 \text{ mA}$ 이다.

그림 7은 60 GHz에서 측정한 1 dB compression point(P1dB) 출력 전력을 측정한 결과이다. 동일한

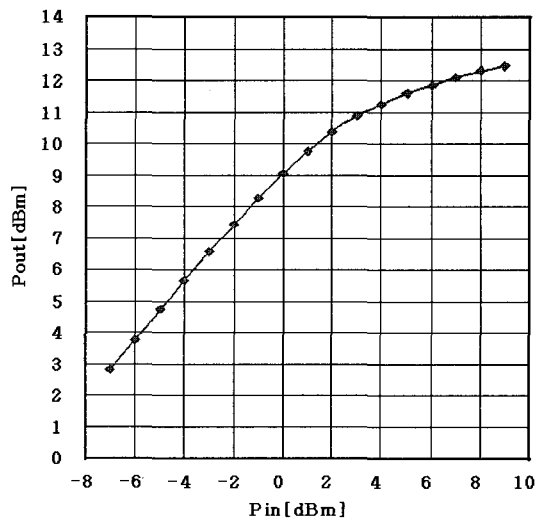


그림 7. 전력 증폭기 모듈의 출력 전력 특성 측정 결과
Fig. 7. Measured output power result of the fabricated power amplifier module.

DC 전원 조건에서 3 dBm의 입력 전력에서 P1dB는 11 dBm이다.

IV. 결 론

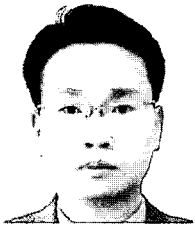
본 논문에서는 60 GHz 초고속 무선 통신을 위한 송신기용 전력 증폭기 LTCC 모듈을 설계 및 제작하여 특성을 측정하였다. 와이어 본드 연결 구조에서 불연속으로 인한 방사 손실 및 기생 인덕턴스를 감소시키기 위해 코프라나 와이어 본드 구조를 설계 및 최적화하였다. 또한 고 격리 모듈 구조를 위하여, LTCC 기판 내부에 DC 전원 배선을 내장시키고 비아로 그 주위를 차폐를 시킨 고 격리 3차원 모듈 구조를 제안하였다. 최적화된 코프라나 와이어 연결 구조를 이용한 전력 증폭기 모듈의 경우, 60 GHz에서 입력 반사 손실(S_{11}) 및 출력 반사 손실(S_{22})이 일반적인 연결 구조에 비해 각각 9.2와 2.9 dB 개선되었고 삽입 손실이 0.5 dB 증가하여 기생 인덕턴스와 방사 손실이 효과적으로 개선되었음을 확인하였다. $4.6 \times 4.9 \times 0.5 \text{ mm}^3$ 크기로 제작된 전력 증폭기 LTCC 모듈의 이득은 60 GHz에서 10 dB, 반사 손실은 -15 dB 이하를 나타내었다. 3 dBm의 입력 전력에서 P1dB 출력 전력은 11 dBm을 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] Keiichi Ohata *et al.*, "1.25 Gbps wireless gigabit ethernet link at 60 GHz-Band", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest*, pp. 373-376, 2003.
- [2] Atsushi Yamada *et al.*, "60 GHz ultra compact transmitter/receiver with a low phase noise PLL-oscillator", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest*, pp. 2035-2038, 2003.
- [3] C. Bornholdt *et al.*, "60 GHz millimeter-wave broadband wireless access demonstrator for the next-generation mobile internet", *Optical Fiber Communication Conference*, pp. 148-149, 2002.
- [4] Athanasios *et al.*, "IST project: broadband access at 60 GHz", *Proceedings of Personal Wireless Communications*, pp. 219-221, 2003.
- [5] Charles Q. Scramton, "LTCC technology: where we are and where we're going-II", *1999 IEEE MTT-S Symposium on Technologies for Wireless Applications Digest*, pp. 193-200, 1999.
- [6] T. Krems *et al.*, "Avoiding cross talk and feedback effects in packaging coplanar millimeter-wave circuits", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest*, pp. 1091-1094, 1998.
- [7] T. P. Budka, "Wide-bandwidth millimeter-wave bond-wire interconnects", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 49, no. 4, pp. 715-718, 2001.
- [8] F. Alimenti, P. Mezzanotte, L. Roselli, and R. Sorrentino, "Modeling and characterization of the bonding-wire interconnection", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 49, no. 1, pp. 142-150, 2001.
- [9] 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, 1995.
- [10] T. Krems *et al.*, "Millimeter-wave performance of chip interconnections using wire bonding and flip chip", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest*, pp. 247-250, 1996.
- [11] 김봉수, 김광선, 은기찬, 변우진, 송명선, "40 GHz 대역 고정통신용 광대역 LTCC 수신기 모듈", 한국전자과학회논문지, 16(10), pp. 1050-1058, 2005년 10월.
- [12] CST MICROWAVE STUDIO, CST Inc., [Online] Available.
- [13] William H. Haydl, "On the use of vias in conductor-backed coplanar circuits", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 50, no. 6, pp. 1571-1577, 2002.
- [14] Nirod K. Das, "Methods of suppression or avoidance of parallel-plate power leakage from conductor-backed transmission lines", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 44, no. 2, pp. 169-181, 1996.
- [15] A. Panther, C. Glaser, M. G. Stubbs, and J. S. Wight, "Vertical transitions in low temperature

- co-fired ceramics for LMDS applications", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest*, vol. 3, pp. 1907-1910, 2001.
- [16] F. J. Schmuckle *et al.*, "LTCC as MCM substrate: design of strip-Line structures and flip-chip interconnections", *IEEE MTT-S Int. Microwave Symposium Digest*, vol. 3, pp. 1093-1096, 2001.
- [17] David M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, 1998.
- [18] I. J. Bahl *et al.*, *Microstrip Antennas*, Artech House, 1982.
- [19] 이영철, "밀리미터파 SiP 응용을 위한 기생 공진 모드 억제", *대한전자과학회논문지*, 17(9), pp. 883-889, 2006년 9월.

이 영 철



1995년 2월: 영남대학교 전자공학과 (공학사)

1997년 8월: 영남대학교 전자공학과 (공학석사)

1997년~2000년: 하이닉스반도체 D-RAM연구소 주임연구원

2005년 2월: 한국정보통신대학교 (공학박사)

2005년 3월~현재: 국립목포해양대학교 해양전자·통신공학부 전임강사

[주 관심분야] 밀리미터파 회로 및 시스템, LTCC SiP, reconfigurable RFICs.