

LTCC를 이용한 Small Size Dual Band PAM의 구현

신용길, 정현철, 이종근, 김동수, 유찬세, 유명재, 박성대, 이우성
전자부품연구원

Implementation of Small Size Dual Band PAM using LTCC Substrates

Yong-Kil Shin, Hyun-chul Chung, Joon-Geun Lee, Dongsu Kim, Joshua Yoo, Myong-Jae Yoo,
Seong-Dae Park, and Woo-Sung Lee

Electronic Materials & Packaging Research Center, Korea Electronics Technology Institute

Abstract : Compact power amplifier modules (PAM) for WCDMA/KPCS and GSM/WCDMA dual-band applications based on multilayer low temperature co-fired ceramic (LTCC) substrates are presented in this paper. The proposed modules are composed of an InGaP/GaAs HBT PAs on top of the LTCC substrates and passive components such as RF chokes and capacitors which are embedded in the substrates. The overall size of the modules is less than 6mm x 6mm x 0.8mm. The measured result shows that the PAM delivers a power of 28 dBm with a power added efficiency (PAE) of more than 30 % at KPCS band. The adjacent-channel power ratio (ACPR) at 1.25-MHz and 2.25-MHz offset is -44dBc/30kHz and -60dBc/30kHz, respectively, at 28-dBm output power. Also, the PAM for WCDMA band exhibits an output power of 27 dBm and 32-dB gain at 1.95 GHz with a 3.4-V supply. The adjacent-channel leakage ratio (ACLR) at 5-MHz and 10-MHz offset is -37.5dBc/3.84MHz and -48dBc/3.84MHz, respectively. The measured result of the GSM PAM shows an output power of 33.4 dBm and a power gain of 30.4 dB at 900MHz with a 3.5V supply. The corresponding power added efficiency (PAE) is more than 52.6 %.

Key Words : Power Amplifier Module (PAM), Low Temperature Co-fired Ceramic (LTCC)

1. 서론

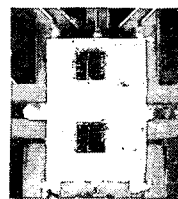
최근 이동통신 시스템의 변화추세는 소형화 및 다기능화가 지속적으로 이루어지고 있다. 이러한 추세에 발맞추어 이동통신 시스템에 있어 비교적 큰 부피를 차지하며 일반적으로 싱글 밴드 시스템으로 구성되는 Power Amplifier를 듀얼 밴드로 구성하여 소형화함으로써 그 휴대성 및 지역간 이동시 편의성을 증가시키고자 한다.

Power Amplifier Module (PAM)에 있어 가장 중시되는 두 가지 특성은 효율 (PAE)과 선형성 (Linearity)이라 할 수 있다. 효율은 전지를 사용하는 휴대용 통신시스템에 있어 사용시간과 직결될 수 있으며, 노이즈 특성은 통화 품질에 결부된다. 선형성은 Adjacent Channel Leakage Ratio (ACLR) 또는 Adjacent Channel Power Ratio (ACPR) 로 나타내어지는데 이는 RF 부품의 비선형성으로 인해 생성되는 왜곡의 양을 나타내며 선형성의 지표로도 사용되어진다. 따라서 이 두 가지 요소는 PAM의 소형화에서 고려되어야 할 중요 특성이라 할 수 있다.

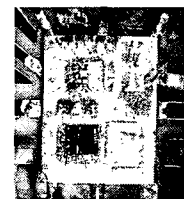
이 연구에서 다루어질 Dual Band PAM 역시 이 두 가지 특성을 우선적으로 고려하여 설계 되었다. 소형화에 사용되어진 LTCC 기판은 수동소자의 집적이 가능함으로 인덕터, 커패시터, RF 초크를 내장시켜 소형화하였으며 그 크기는 6mm x 4mm x 0.8mm이다. 이 연구에 사용되어진 PA MMIC는 WAVICS사에서 설계 및 제작된 MMIC가 사용되어졌다.

2. 본론

제작된 모듈의 사용재료는 크게 세라믹으로 구성된 유전체와 금속성 도체가 사용되었다. 유전체 재료는 상용재료로 유전율이 7.8이고 Loss Tangent는 0.003 (6 GHz), 온도계수는 7 ppm/°C의 DuPont 9599를 Tape Casting 공정을 통하여 세라믹 그린 쉬트를 제작하였다. 도체는 도체 손실률을 줄이기 위해 전기전도 특성이 우수한 Metal Content 86%의 Ag 페이스트를 사용하였다. 모듈의 제작은 그린 쉬트의 Via Hole에 도체를 충전한 후 도체 패턴을 스크린 프린팅을 통해 인쇄하고 각층을 적층하여 제작하는 Multi-layer Process를 적용하였다. 적층되어진 샘플은 Cutting후 Belt Furnace에서 소성되어져 최종 샘플이 제작되었다. WCDMA/KPCS의 경우 전면 그라운드가 내장되어 있으며, GSM/WCDMA 경우 전면그라운드를 배제하고 설계되어졌다.



(a)



(b)

그림 1. 제작된 dual band PAM의 외관 (a) WCDMA/KPCS (b) GSM/WCDMA

2.1 WCDMA/KPCS Dual Band PAM

WCDMA/KPCS dual band PAM의 경우 WAVICS의 WCDMA용 MMIC를 이용하여 Input/Output Tuning을 통하여 WCDMA/KPCS 양 밴드에 모두 사용되어질 수 있게 설계하였다. Agilent E4417A Power Meter, HP E4432B Signal Generator, Agilent E4440 Spectrum Analyzer를 이용하여 측정하였다. 표 1에 나타내었듯이 KPCS 밴드에서는 1.765 GHz의 중심 주파수에서 28 dBm의 Output Power, 30 dB의 이득, 그리고 30 % 이상의 효율을 가지는 특성을 보였다. 선형성 지표인 ACPR은 28 dBm의 Output Power시 1.25 MHz와 2.25 MHz Offset 에서 각각 -44dBc/30kHz와 -60dBc/30kHz의 특성을 보였다.

WCDMA 밴드에서의 측정 결과는 1.95 GHz의 중심 주파수에서 27 dBm의 Output Power와 32 dB의 이득을 가지며 ACLR은 27 dBm의 Output Power에서 5 MHz와 10 MHz Offset시 각각 -37.5 dBc/3.84 MHz와 48 dBc/3.84 MHz의 결과를 보였다. 이러한 선형성과 효율은 KPCS와 WCDMA의 사양을 충분히 만족시킬 수 있는 결과들이다.

표 1. WCDMA/KPCS PAM 측정 결과

	KPCS	WCDMA
Output Power (dBm)	28	27
Power Gain (dBm)	30	32
PAE (%)	30	30.1
2nd Harmonic (dBc)	-35	-37
Supply Voltage (V)	3.4	3.4
ACPR1/ACPR2 (dBc)	-44/-60	-37.5/-48

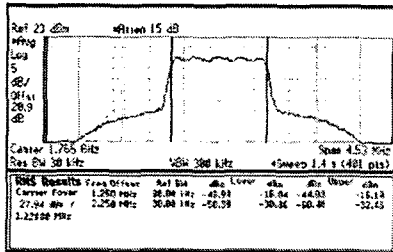


그림 2. KPCS band의 ACPR 측정 결과

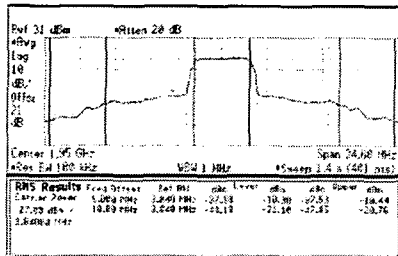


그림 3. WCDMA band의 ACLR 측정 결과

2.2 GSM/WCDMA Dual Band PAM

GSM의 측정 결과는 표 2에서 보여주는 것과 같다. 이 결과 3.5 V 전원을 이용하여 900 MHz의 중심 주파수에서 33.4 dBm의 Output Power에 30.4 dB의 이득 및 52.6 %의

효율 보였다. 그림 4에서는 2nd Harmonic이 Fundamental Signal에 비해 -35 dBc의 차를 가짐을 보여준다.

표 2. GSM/WCDMA PAM 측정 결과

	GSM	WCDMA
Output Power (dBm)	33.4	27
Power Gain (dBm)	30.4	26.7
PAE (%)	52.6	32.7
2nd Harmonic (dBc)	-35	-37
Supply Voltage (V)	3.5	3.4
ACPR1/ACPR2 (dBc)	-	-38.2/-50.2

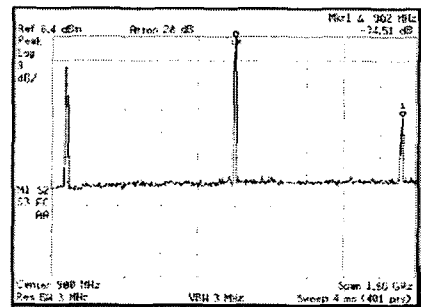


그림 4. GSM band의 2nd harmonic 측정 결과

3. 결론

본 논문에서는 LTCC 기판을 이용하여 WCDMA/KPCS와 GSM/WCDMA에 적용하기 위한 Dual Band PAM을 설계, 제작하였다. LTCC 기판의 3차원 구조를 이용하여 PA의 Input, Output 및 Interstage 매칭 단계에 필요한 대부분의 수동소자를 기판 내에 실장 시켰다. 뿐만 아니라, 대용량을 요구하는 바이패스 커패시터와 초크 라인들도 기판 내에 실장 시킴으로써 전체 모듈의 크기를 6mm x 4mm x 0.8mm로 소형화 시켰다. 제작된 KPCS/WCDMA PAM의 측정 결과 KPCS 밴드에서는 28 dBm의 Output Power에서 30 dB의 이득과 -44/-60 dBc의 ACPR1의 성능을 보였다. 또한, WCDMA 밴드에서는 27 dBm의 Output Power에서 32 dB의 이득을 가지며 -37.5/-48 dBc의 ACLR 특성을 보였다. GSM의 측정결과는 33.4 dBm의 Output Power에서 30 dB의 이득과 52.6 %의 효율을 보였다. 이러한 결과는 각 밴드에서 요구하는 사양을 만족시킬 수 있을 뿐만 아니라 듀얼 밴드를 하나의 모듈화 시킴으로써 초소형화 및 초경량화의 실현을 보여 주고 있다.

참고문헌

- [1] E. Kim, Y. S. Lee, Joshua Yoo, W. S. Lee, and J. C. Park, "A power amplifier module with fully embedded passive components in a LTCC substrate for K-PCS band mobile phone," *European Microwave Conf.*, vol. 1, pp. 253-256, 1991.
- [2] Leo G. Maloratsky, *Passive RF & Microwave Integrated Circuits*, pp. 55-78.