

## Double tuned matching에 의한 MMIC 광대역 전력증폭기의 설계

김진성<sup>0</sup>, 채연식, 윤용순, 이진구  
동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터

Design of MMIC power amplifier using double tuned matching

J. S. Kim<sup>0</sup>, Y. S. Chae, Y. S. Yoon, J. K. Rhee  
MINT(Millimeterwave INnovation Technology Center) , Dongguk University.

### ABSTRACT

In this paper, we have designed a 2 stage MMIC power amplifier which has flat gains of in-band and reasonable out-band cutoff characteristics using 0.5  $\mu\text{m}$  MESFET library of ETRI.

For the 1st stage, we obtained  $P_{1dB}$  of 9.2 dBm and gain of 10.8 dB using 6 finger D-MESFET and  $P_{1dB}$  of 18.4 dBm and gain of 10.8 dB using 14 finger D-MESFET for the 2nd stage, which is power matched using LIBRA's embedded TUNER. Also in-band gain flatness and out-band cutoff characteristics are obtained by attaching LC tank in the output matching circuit.

The designed 2 stage MMIC power amplifier has bandwidth of 0.95~2.8 GHz, gain of 20 dB and  $P_{1dB}$  of 17.2 dBm. Especially gain flatness of  $\pm 0.8\text{dB}$  was obtained in 1.8~2.5 GHz frequency ranges. And chip size is 1.4 $\times$ 1.4 mm.

### I. 서론

전송속도의 증가와 다양한 서비스의 요구에 의하여 이동통신의 주파수 대역은 900 MHz에서부터 1.8 GHz PCS, 2 GHz의 IMT-2000, 2.4 GHz의 무선랜 및 Bluetooth 5.8GHz의 무선랜 등 점차 증가되고 있으나 현재 가장 상업성 있는 대역은 900 MHz~2.4 GHz 대역이라 할 수 있다. 따라서 이 대역을 포함하는 광대역 전력 증폭기의 상용화는 MMIC의 본래 특성인 소형, 고 신뢰성, 및 저 가격 외에 범용성을 포함한 많은 이점이 있다.

증폭기는 사용 목적에 따라 광대역 특성, 높은 이득, 높은 출력 전력, 낮은 잡음 지수 등 다양한 특성을 갖으며 설계 방법 또한 달라진다.

본 설계에서는 주파수 대역이 900 MHz대역부터 1.8 GHz의 PCS, 2 GHz의 IMT-2000, 2.4 GHz의 무선랜 및 Bluetooth등에 사용가능하고, 주파수 대역 내에서는 양호한 이득 평탄도를 가지며 대역 외에서는 높은 cut-off 특성이 양호한 광대역 전력증폭기를 설계하였다.

### II. 광대역 증폭기의 설계

MMIC 광대역 증폭기 회로는 ETRI의 게이트 길이가 0.5  $\mu\text{m}$ 인 MESFET library를 사용하여 중심 주파수 2.4 GHz에서 2단 증폭기를 설계하였다.

입력단의 경우 ETRI의 게이트 길이 0.5  $\mu\text{m}$ 이고 평거 수가 6인 D-MESFET을 사용하였다.

DC 바이어스 회로는 50 % Idss가 되도록 정하였으며 안정화를 위하여 직렬저항과 병렬저항을 게이트 측에 삽입하여 저주파 대역과 고주파 대역을 동시에 안정화시킬 수 있도록 하였다.

그림 1은 입력 단의 안정도 곡선을 나타낸 것으로 4 GHz이하에서 모두 안정함을 알 수 있다.

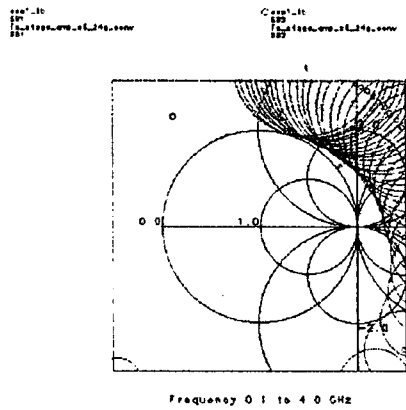


그림 1. 입력단 안정도 곡선

입력 단의 매칭회로는 최대 이득이 나오도록 공액 정합을 하였으며 정합 회로는 최소의 수동소자가 들어가도록 EII 정합<sup>[1]</sup>을 이용하여 2.4 GHz에서 10.8 dB의 이득을 얻었다.

그림 2에 입력 단의 S파라미터 특성을 나타내었으며 2.4 GHz에서 S<sub>11</sub>이 -20.8 dB, S<sub>22</sub>가 -20.8 dB의 값을 얻었다.

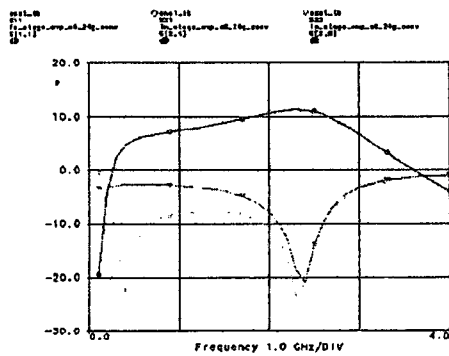


그림 2. 입력단 S파라미터 특성

또한 입력 단의 출력 전력 및 이득 특성을 그림 3에 나타내었으며, P<sub>1dB</sub>는 9.2 dBm으로 출력 단을 구동할 수 있는 충분한 전력이 나왔다.

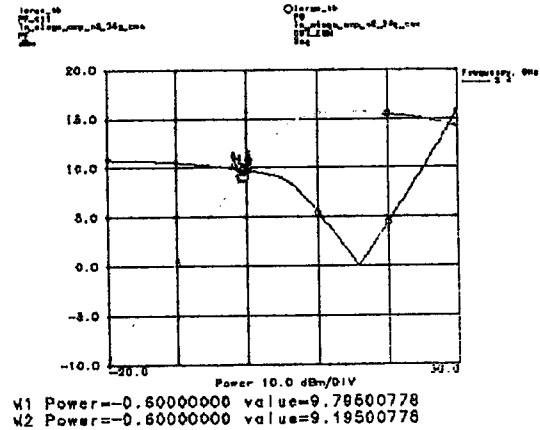


그림 3. 입력단 출력전력 및 이득

출력 단의 경우 ETRI의 게이트 길이 0.5 μm, 핑거 수 14인 D-MESFET을 사용하였으며, LIBRA에 내장된 TUNER를 이용하여 POWER MATCHING을 하였다.

그림4에 출력 단의 S파라미터 특성을 나타내었다. POWER MATCHING하였기 때문에 2.4 GHz에서 S<sub>11</sub>은 -30 dB 이지만, S<sub>22</sub>의 경우 -10 dB의 높은 결과를 얻었다.

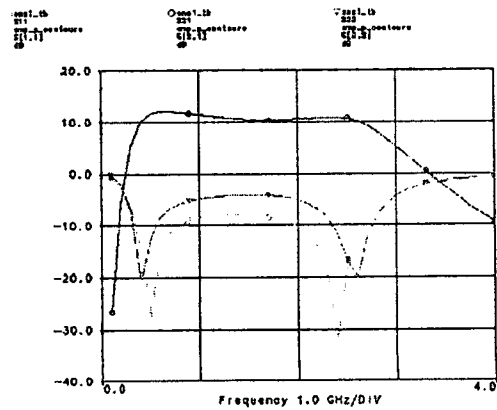


그림 4. 출력단 S파라미터 특성

출력된 전력증폭기의 시뮬레이션 결과  $P_{dbs}$ 는 18.4 dBm으로 공액 정합을 하였을 때보다 약 2 dBm 높은 전력을 얻을 수 있었으며<sup>[3]</sup>, 이득은 10.8 dB를 얻었다. 그림 5에 출력 단의 출력전력과 이득특성을 나타냈다.

또한 출력 매칭회로에 L, C 공진 회로를 추가하였는데, 공진 주파수를 중심주파수와 일치하도록 하여 매칭 상태를 유지하면서 대역 내에서는 평탄한 이득 특성과 대역 외에서는 cut-off 특성을 얻도록 하였다.

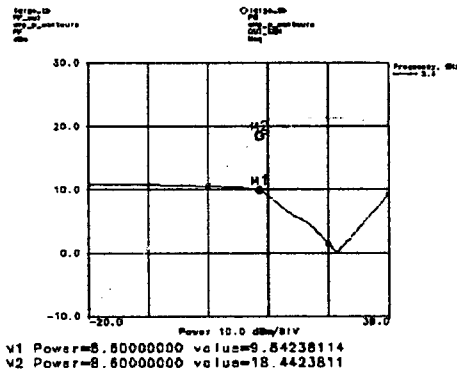


그림 5. 출력 단 출력전력과 이득

설계된 2단 증폭기의 회로도를 그림 6에 나타내었다.

증폭기의 입력 단과 출력 단을 합치는 과정에서 부정합이 발생하여 2단 증폭기의 다이내믹 레인지가 줄어드는 현상이 발생하였는데, 이때 블러킹 캐패시터에 직렬로 인덕터를 달아주어 중간단에서 발생한 부정합을 보정하여 주었다.

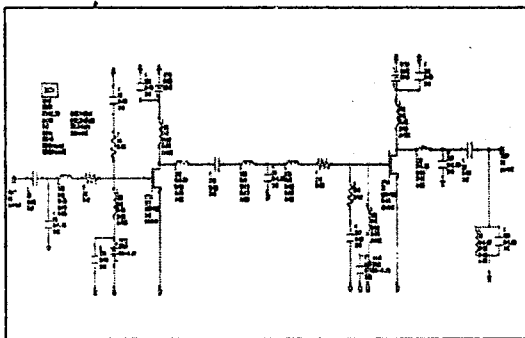


그림 6. 2단증폭기의 회로도

그림 7은 power matching된 2단 증폭기의 power contour를 나타낸 것으로 최대 출력 전력은 17.2dBm이며 스미스 차트의 원점에 위치하여 power matching 되어있음을 알 수 있다.

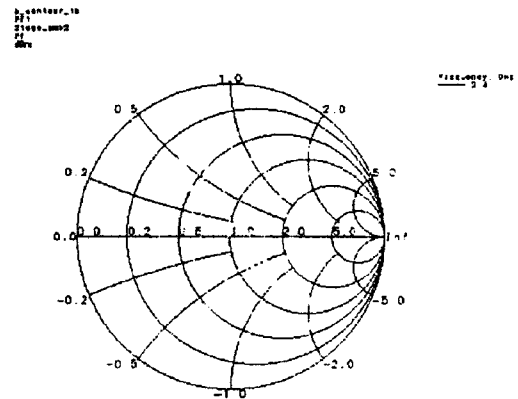


그림 7. 2단 증폭기의 POWER CONTOUR

설계된 2단 증폭기의 S파라미터 특성을 그림 8에 나타내었다.

대역폭은 0.95~2.8 GHz 얻었으며, 이득 평탄도는 1.8~2.5 GHz대역에서  $\pm 0.8$  dB,  $S_{11}$ 은 -20.25 dB,  $S_{22}$ 는 -8.16 dB를 얻었다.

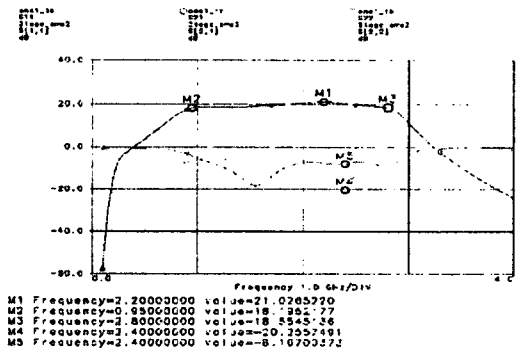


그림 8. 2단 증폭기의 S파라미터 특성

2단 전력 증폭기의  $P_{dbs}$ 는 17.2 dBm을 얻었으며 이득은 20 dB를 얻었다.

그림 9에 출력전력 및 이득특성을 나타내었다.

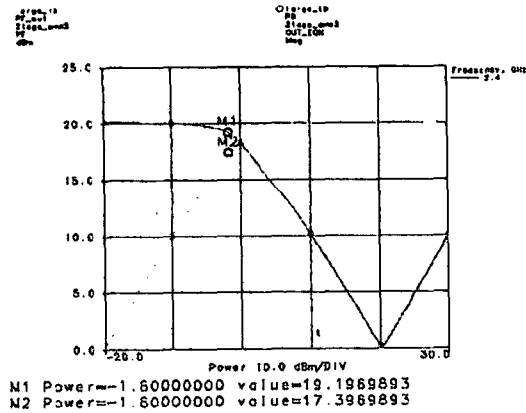


그림 9. 2단 증폭기의 출력전력 및 이득 특성

### III. 광대역 증폭기의 마스크 레이아웃

설계된 전력 증폭기를 제작하기 위하여 MMIC 마스크를 설계하였다.

설계된 MMIC의 칩 사이즈는 1.4×1.4 mm이며 4개의 RFC와 바이패스 캐퍼시터를 칩 내에 구현하였다.

제작 후 On-Wafer 측정을 위하여 입출력 패드 및 바이어스 패드는 GSG 및 GPG 구조로 설계하였으며 접지가 잘 되도록 모든 그라운드 패드가 서로 연결되도록 하였다.

또한 FET가 그라운드와 가까이 연결되도록 최대한 입출력 패드가 가까이 위치하도록 하였다. 그림 10에 설계된 MMIC 마스크 레이아웃을 나타내었다.

### IV. 결론

본 논문에서는 ETRI의 게이트 길이 0.5 $\mu$ m인 D-MESFET을 이용하여 0.95~2.8 GHz 대역의 광대역특성을 갖는 전력 증폭기를 설계를 하였다.

설계된 2단 증폭기의  $P_{1dB}$ 는 17.4 dBm으로 처음 설계보다 1 dBm정도 줄었지만 공액 정합보다는 높은 전력을 얻었으며, 전력 이득은 20 dB의 결과를 얻었다.

설계된 증폭기의 시뮬레이션 결과 주파수 대역은 0.95~2.8 GHz, 이득 평탄도는 1.8~2.5 GHz에서  $\pm 0.8$  dB의 값을 얻었다.

설계된 증폭기는 양호한 이득과 높은 출력전력 및

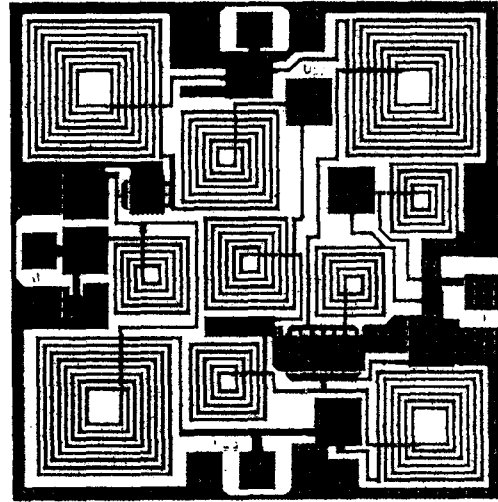


그림 10. MMIC광대역 전력증폭기의 마스크 레이아웃

광대역 특성을 얻었으며, 2.4 GHz대역을 사용하는 Bluetooth 및 , 무선랜 제품에 적용 가능할 것으로 예상된다.

### Acknowledge

This research is supported by ERC program (MINT) of KOSEF

### 참고 문헌

- [1] Gonzalez, Guillermo, " Microwave Transistor Amplifier Analysis and Design" Prentice Hall, 1996
- [2] George D. Vendelin, Anthony M. Pavio, and Ulrich L. Rohde " Microwave circuit desing using linear and nonlinear techniques"
- [3] Steve C. Cripps, " RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Artech House, 1999