論文93-30A-3-3

DC~7GHz 초광대역 GaAs MESFET 증폭기

(A DC~7GHz Ultrabroad-Band GaAs MESFET Amplifiers)

尹 永 哲,* 張 益 洙**

(Young Chul Yoon and Ik Soo Chang)

要 約

단순화한 GaAs MESFET의 등가회로 모델을 이용하여 DC 근방에서 마이크로파 대역에 이르는 초광대역 증폭기를 해석적으로 설계하는 방법에 대하여 고찰하였다. 손실 정합 초광대역 마이크로파 증폭기는 저주파 대역에서는 RC 결합 증폭기로 동작하고 마이크로파 대역에서는 무손실 임피던스 정합 증폭기로 동작하며, 두 대역은 이득 보상 회로에 의하여 전 대역에서 평탄한 이득을 갖게 된다. 외부 저항 회로에 의하여 낮아진 이득 감소는 2단 증폭으로 해결하였으며, 설계된 증폭기는 DC 근방에서 7GHz에 이르는 대역에서 12.5±1dB의 평탄한 이득 특성을 나타낸다. 이는 등가 모델로부터 시뮬레이션한 기대치에 거의 일치하고 있으며, 입·출력 정합 특성은 전대역에서 VSWR 2:1 이하로 측정되었다. 게이트의 바이어스 전압에 따른 증폭기의 이득은 15dB 범위 내에서 변화한다.

Abstract

An analytic approach to wide-band amplification using simplified equivalent MESFET modeling has enabled an ultrabroad-band flat-gain amplifier from DC to microwave. The developed lossy-match ultrabroad-band amplifier operates as a RC coupled circuit in the low-frequency range and lossless impedance matching circuit in the microwave frequency range with gain compensation circuits. The reduced gain caused by external resistors is compensated using 2-stage cascade amplification, and the gain of designed unit is 12.5±1dB from the vicinity of DC to 7GHz. The experimental gain characteristics are good agreement with computer simulated results. The input and output VSWRs are measured under 2:1 over the operating frequency range, and the gain goes down over 15dBrange with various gate bias voltages.

I. 서 론

최근의 정보 통신은 급속한 정보량의 증가에 따른 대용량의 전송 능력, 고속화된 처리 능력과 함께 고품질의 정보 처리를 위한 광대역의 전송 시스템이 요구된다. 특히 광통신 시스템은 장거리 대용량의 전송이 가능하고 기존의 전송 방식에 비하여 경제적이기 때문에 국내에서도 500Mbps 급의 상용화 단계에서 2.5Gbps급의 시스템 개발도 고려 중에 있다. 선진국

*正會員, 關東大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kwan Dong Univ.)
**正會員, 西江大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Sogang Univ.)
接受日字 : 1992年 8月 31日
(※ 이 논문은 1990年度 문교부지원 학술진흥재단의 지방대육성 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.)

의 경우 90년대 후반에는 수십 Gbps급의 실현도 예상되고 있다.[1-3] 이러한 Gbps 단위의 전송 데이타는 수십 kHz에서 수십 GHz에 이르는 극히 넓은 대역을 점유하므로, 찌그러짐 없는 정확한 신호의 전달과 증폭을 위해서는 저주파에서 마이크로파에 이르는 전대역에서 평탄한 이득과 좋은 입·출력 정합 특성을 갖는 초광대역 증폭기가 요구된다. 일반적으로 마이크로파 광대역 증폭기는 대역 통과형 증폭기로서 이득은 무손실 정합회로에 의한 최대 가용 이득(MAG, maximum available gain)에 의하여 결정되며, 주로 군사용의 광대역 마이크로파 감시 장치 등에 사용되고 있다. 또 다른 형태의 광대역 증폭기로서는 초고속 오실로스코프나 논리회로 분석기, 상승시간이 매우 빠른 펄스로 구성된 데이타 전송 시스템 등에서 요구되는 증폭기가 있는데, 이는 DC 또는 그 근방에서부터 마이크로파 대역까지를 포함하는 저역 통과형 증폭기로서 이 경우의 이득은 저주파 대역에서의 저항 소자들에 의한 정합 특성에 의하여 결정되고 이로부터 평탄한 이득을 얻을 수 있는 최대 주파수가 정해진다.[4,5]

1980년대 초반부터 이러한 증폭기의 필요성에 의하여 여러가지 설계 방식의 많은 논문들이 발표되었는데, 이들은 크게

(1) 손실정합증폭기(lossy match amplifiers)[6-8]

(2) 귀환 증폭기 (feedback amplifiers)[9-11]

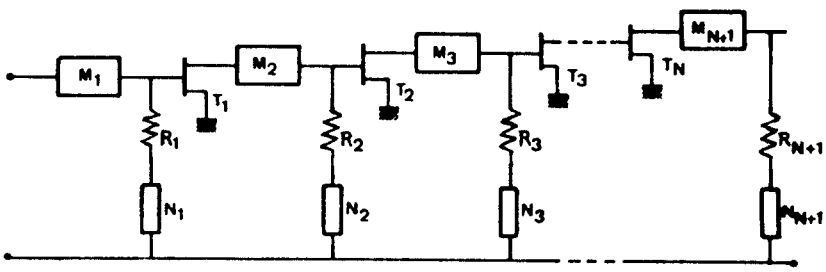
(3) 분포 증폭기 (distributed amplifiers)[12-14]

의 3가지로 구별된다.

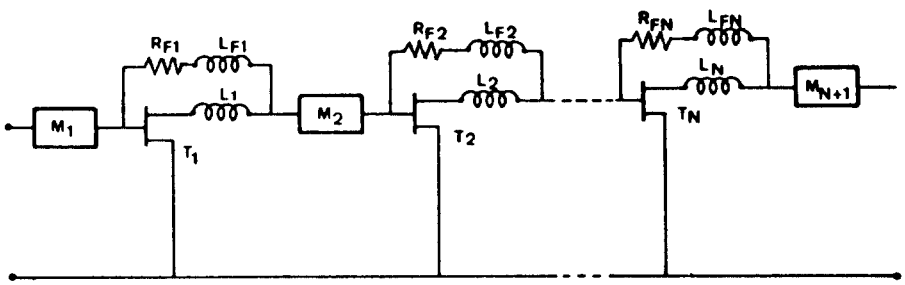
이들 초광대역 증폭기의 대표적 회로를 그림 1에 나타냈다. 회로에 보이는 저항 소자들은 저주파 대역에서의 정합 특성을 만족시키기 위하여 삽입된 것이며 이로 인하여 저주파 저항 결합 증폭기의 이득이 결정되고, 여러가지 형태로 마이크로파 대역까지 동일한 이득이 유지되도록 설계된다.

일반적인 저주파 증폭기에서도 저항 소자에 의한 부귀환이나 고주파 코일에 의한 피킹 회로를 연결하여 동작 대역을 넓힐 수도 있으나 최대 대역폭은 1~2GHz 를 넘지 못한다.[15,16] 반면에 손실 정합 증폭기는 다른 귀환 증폭기나 분포 증폭기에 비하여 우선 회로의 설계가 간단하고 정합회로에서 사용하는 저항을 바이어스 회로에서 적절히 이용할 수 있는 이점이 있으며, 안정된 바이어스 회로에의하여 이득의 변화도 충분히 줄일 수 있다.[11,17,18]

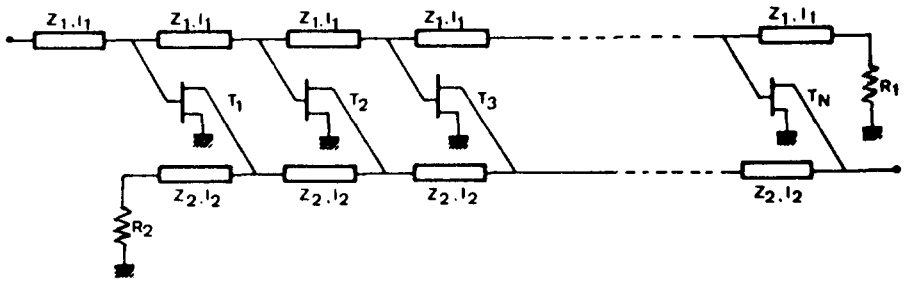
본 논문에서는 초고속 데이타 전송 시스템에 절대적으로 필요한 초광대역 증폭기를 packaged GaAs



(a) Lossy match amplifier



(b) Feedback amplifier



(c) Distributed amplifier

T_1, T_2 ⋯ T_n : GaAs MESETs

M_1, M_2 ⋯ M_{n+1} : lossless matching networks

N_1, N_2 ⋯ N_{n+1} : lossless impedance transtormers

R_1, R_2 ⋯ R_{n+1} : lossy elements

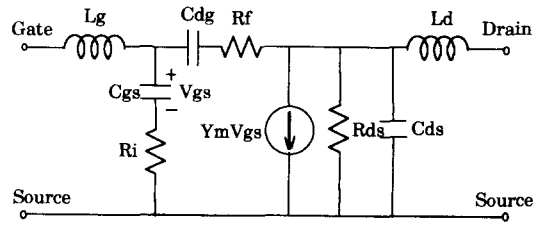
그림 1. 초광대역 정합형 마이크로파 증폭기의 대표적 회로
Fig. 1. Ultrabroad-band matched microwave amplifiers.

MESFET을 사용하여 손실 정합 기법으로 설계하는 과정을 다루고자 한다.

Ⅱ. 초광대역 증폭기의 정합회로

MESFET의 입력 임피던스는 저주파 대역에서는 개방회로로 보이나 주파수가 마이크로파 대역으로 높아지면서 오히려 단락회로에 접근하는 특성을 갖으므로 두 대역에서의 이득에는 큰 차이를 보인다. 전원 임피던스와 부하 임피던스가 50 Ω으로 고정되어 있는 상태에서 MESFET의 저주파 대역에서의 이득은 $|S_{21}|^2$ 인 반면에 마이크로파 대역에서는 이보다 큰 MAG까지 이득을 올릴 수있다. 그러나, 이러한 증폭기는 저주파 대역에서의 부정합 특성으로 인하여 다른회로들과 연결되어 사용될 때 이득에 심한 리플과 파형의 찌그러짐이 발생한다. 따라서 초광대역 증폭기에서의 정합회로는 마이크로파 대역에서는 물론 저주파 대역에서도 입·출력임피던스가 50 Ω으로 보이도록 설계되어야 한다.

일반적인 MESFET의 등가 모델은 소스에 나타나는 저항 성분과 유도성 리액턴스 성분을 고려한 매우 복잡한 회로이며, 이로부터 소자의 물리적 의미를 고찰할 수 있으나 이를 이용하여 증폭기를 설계하는데 응용하기는 상당히 거북하다. 오히려 물리적 의미를 잃어버린 변형된 회로라도 사용 주파수 대역에서 동일한 파라미터 값을 갖고 있다면 설계자의 요구에 따라 변형된 등가 회로가 더욱 유용하게 쓰일 수 있다. 이에 본 논문에서는 10개의 소자로 이루어진 단순화한 등가 모델을 이용하여 정합회로를 구성하고자 한다. 그림 2에 NEC 사의 GaAs MESFET, NE71083의 측정된 [S] 파라미터로부터 추출된 회로 소자 값을 보인다. 이렇게 단순화한 회로라도 DC에서 8GHz 이상까지 상당히 정확한 등가 모델로서 동작한다.[19]



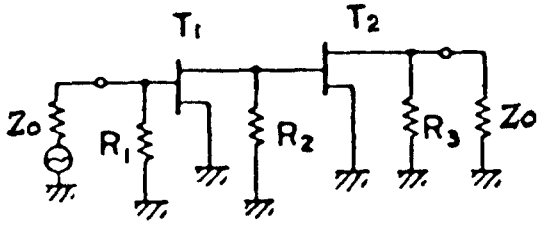
$y_m = g_{mo} \cdot \exp(-j\omega\tau_o)$

Lg = .3733 [nH]	Rf = -188.5 [Ω]	Rds = 198.7 [Ω]
Ri = 13.42 [Ω]	Cdg = .0349 [Ω]	Cds = .2036 [Ω]
Cgs = .4825 [Ω]	gmo = 54.12 [mS]	Ld = .4658 [nH]
	τo = 4.341 [ps]	

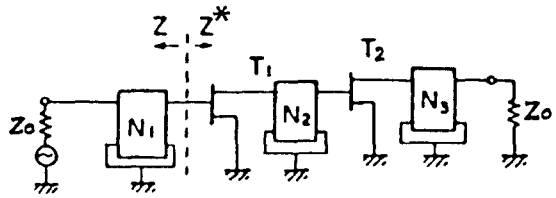
그림 2. NE71083의 단순화한 등가회로 모델
Fig. 2. A simplified equivalent circuit model of NE71083.

MESFET의 출력 임피던스는 저주파 대역에서는 Rds에 의한 저항 성분만이 나타나다가 주파수가 높아지면서 Cds에 의한 용량성의 리액턴스가 더해지고 여기에 임피던스 정합용 인덕터가 붙으면서 병렬 RLC 회로가 구성되므로 충분히 넓은 대역에서 저역 통과형의 출력단 정합회로를 설계할 수 있다. 그러나 입력 임피던스는 직렬 RLC 회로에 의한 대역통과 특성을 갖고 있기 때문에 외부에 저항 성분을 추가하더라도 전대역에서 고른 저역 통과형 특성을 갖도록 설계하기는 곤란하다.

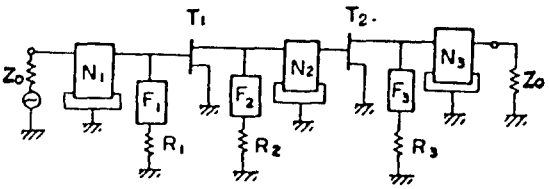
손실 정합 기법을 이용한 초광대역 증폭기는 저주파 대역에서의 RC 결합형 증폭기와 마이크로파 대역에서의 무손실 정합 증폭기가 서로 연결되어 하나의 대역을 형성하면서 전대역에서 평탄한 이득이 얻어지도록 설계된다. 그림 3에 이의 회로를 보이는데 블로킹 커패시터와 바이패스 커패시터는 생략하였으며 N1 · N2 · N3는 무손실 저역 통과형 정합회로를, F1 · F2 · F3는 무손실 저역 통과형 임피던스 변환기를 나타내는데, 이는 저주파 대역에서 동작하는 R1 · R2 · R3의 저항 성분을 마이크로파 대역에서는 높은 임피던스를 갖도록 변환시켜줌으로써 마이크로파 대역에서의 정합 회로에 영향을 주지 못하도록하여 보다 넓은 대역에서 평탄한 이득을 갖을 수 있도록 만들어 준다. 초광대역 증폭기를 구성하는 모든 정합 회로와 임피던스 변환기 등은 저역 통과형의 직렬 전송선로와 병렬 개방선로로 구성되며, 이들 선로의 전기적 길이는 저주파 대역에서는 무시될 수 있을 만큼 매우 짧게 나타나므로 이로 인한 저주파 대역에서의 이득의 영향은 거의 없다고 볼 수 있다. 따라서 저주파 대역에서의 이득은 단지 R1 · R2 · R3에 의하여 결정되며, 이들 저항값이 결정되면 증폭기의 최대 이득도 결정된다.



(a) Conventional RC coupled amplifiers



(b) Conventional microwave amplifiers



(c) Lossy match ultrabroad-band amplifiers

그림 3. 손실 정합 초광대역 증폭기의 구성도
Fig. 3. Lossy match ultrabroad-band amplifiers.

1. 저주파 대역 정합에 의한 이득 한계[4]

초광대역 증폭기는 DC에서 마이크로파 대역까지 고른 특성을 보여야 하는데 MESFET의 저주파 대역 입력 임피던스는 Cgs와 Cdg에 의하여 개방 회로로 보이며, 출력 임피던스는 Rds로 나타나므로 정합 특성이 좋지않다. 이는 외부 저항을 강제적으로 정합회로에 추가함으로써 해결할 수 있으며, 이로 인하여 낮아진 이득은 MESFET을 2단 이상 연결하여 해결한다. 입력 임피던스는 개방회로에 의한 무한대의 임피던스를 갖으므로 입력단의 삽입 저항은 전원 임피던스와 같은 저항을 연결하고, 출력단에는 Rds에 외부 저항을 병렬로 연결하여 이들의 합이 부하 임피던스와 같은 값을 갖도록 한다. 증폭기의 이득은 저주파 대역에서의 정합 조건에 따라 입 · 출력단에 삽입되는 저항의 값이 정해지고 결합단 내의 나머지 저항값을 주면 바로 결정된다. 이때 마이크로파 대역에서의 MAG의 크기와 저주파 대역에서의 이득의 크기에 따라 적절한 형태의 이득 보상 회로가 설계되어야 한다.[5]

2. 증폭기의 안정도 및 바이어스 회로

MESFET은 저주파 대역에서는 극히 불안정하다. 그러나 초광대역 증폭기에서의 저주파 대역 특성은 R1 · R2 · R3의 외부 저항 소자가 연결된 상태에서 동작하므로 정합회로가 모두 연결된 상태에서는 안정된 증폭이 가능하다. 바이어스 회로는 증폭기의 안정도를 해치는 기생 발진을 일으킬 수 있으므로 증폭기의 설계에서 매우 중요한 부분을 차지한다. 초광대역 증폭기의 경우 동작 대역이 DC에서 마이크로파 대역까지 넓게 퍼져 있으므로 이에 대한 대책없이는 증폭기를 동작시킬 수 없다. 마이크로파 대역에서 널리 쓰이는 마이크로스트립 대역 저지 필터회로나 LC 저역 통과 필터회로를 이용하는 경우 초광 대역 증폭기와 같이 저주파 대역도 증폭해야 되는 곳에서는 적절

한 회로 소자 를 이용하기 어렵다. 그러나 손실 정합 회로를 이용하는 증폭기에서는 MESFET 외부에 저항이 붙으므로 이를 통하여 바이어스를 공급하는 회로로 변형시켜 사용할 수 있다. 즉, 게이트에는 마이크로파 대역에서도 높은 임피던스를 갖을 수 있는 수 kΩ 정도의 고저항을 직접 단자에 연결하여 전원을 공급하고 드레인에는 외부 저항 R2, R3를 이용하면 된다.

Ⅲ. 2단 증폭기의 설계 및 최적화

NEC 사의 GaAs MESFET인 NE71083을 사용하여 2단 증폭기를 설계하자. 최대 이득을 얻기위해서 Vds = 3 [V] , Ids = 30 [mA] 의 바이어스를 사용하였다. 측정한 NE71083의 [S] 파라미터로부터 10개의 소자로 구성된 단순화한 증폭기용 등가 모델을 만들고 이를 구성하는 회로 소자 값을 찾는다.[19] 논문에서 인용된 회로 소자 값을 앞의 그림 2에 보였다.

저주파 대역에서 MESFET의 입력 임피던스는 Cgs에 의하여 개방회로로 보이므로 외부 저항 R1의 값을 50Ω으로 하여 입력측을 정합시키고, R3는 66.8Ω으로 할 때 출력 임피던스 Rds (=198.7Ω)와 병렬로 연결되어 부하 저항과의 정합이 이루어진다. 이들을 회로 소자로 사용하기 위해서는 다음과 같은 표준 저항 값으로 대치한다.

R1 = 51 [Ω]
R3 = 68 [Ω]

R2는 그 값이 클수록 이득은 올라가지만 대역폭이 좁아지고 이득의 리플 또한 크게 나타난다. R2의 값에 따른 RC 결합 증폭기의 이득 변화를 그림 4에 보인다.

1. 결합단 정합 회로

먼저 두 MESFET을 연결하는 결합단 정합회로부터 살펴보자. 주어진 MESFET의 등가 회로로부터 밀러 효과를 이용하여 귀환 소자를 제거한 후 첫째단의 최적 출력 임피던스와 둘째단의 최적 입력 임피던스의 변화를 살펴 보면, 두 임피던스는 대역의 최고 주파수 근방에서는 단순 전송선로만의 연결로도 정합이 가능하지만 이 선로의 길이는 동작 대역을 넓힐수록 점점 짧아진다.[20]

두 MESFET을 연결하여 정합시키는 선로에는 DC 블로킹 커패시터가 연결되어야 하고, 또한 MESFET의 lead도 이 위에 놓여야 하므로 집중 소자와 packaged MESFET을 사용하는 경우 어느 정도의 길이가 필요하게 되고 이로 인하여 동작 대역폭이 줄어들 수 있다. 본 논문에서는 이 선로의 길이를 가능한 한 짧게하여 Teflon 기판 위에서 약 5mm로 하였는데 이는 회로 구현을 위한 최소한의 길이이다. 이 길이의 변화에 따른 저항 결합 증폭기의 이득 변화는 그림 5에 보인다. 그림 5로부터 선로의 길이가 0인 상태에서는 10GHz 이상의 광대역 증폭이 가능하지만 packaged MESFET을 이용하는 경우 이러한 회로구현은 현실적으로 불가능하며, 선로의 길이를 공기 중에서 7mm로 하였을 때 7GHz 정도로 대역이 줄어든다.

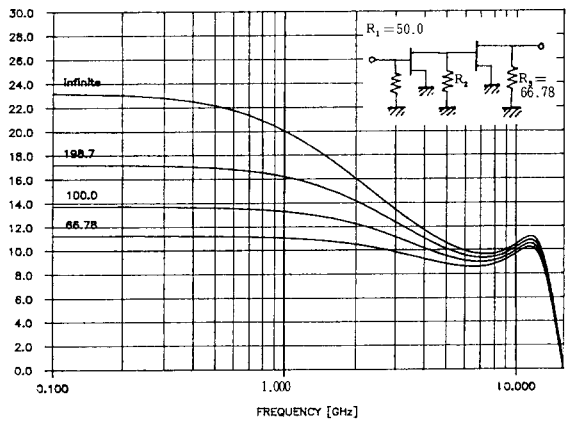


그림 4. 결합단에 삽입되는 저항 값 변화에 따른 이득 곡선

Fig. 4. The gain curves with various inter-stage resistor values.

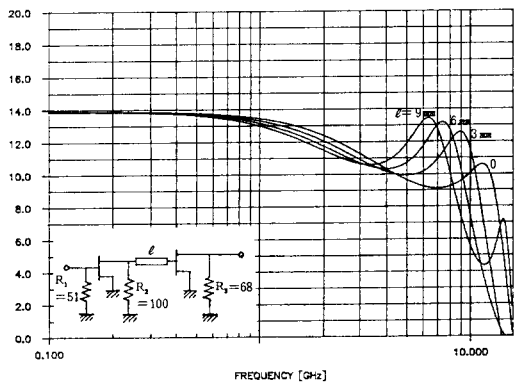


그림 5. 결합단의 정합 선로의 길이에 따른 이득 곡선

Fig. 5. The gain curves with various inter-stage line length.

2. 입·출력 정합 회로

출력단의 정합은 저역 통과형 필터회로를 높은 특성 임피던스를 갖는 전송 선로와 낮은 특성 임피던스의 개방선로로 대치한 간단한 L형 정합회로로 구성이 가능하다. 그림 6에서 곡선(a)는 저항 결합 증폭기의 이득을 나타내며, 결합단에 7mm의 전송선로를 삽입하면 이득은 곡선(b)로 변화한다. 여기에 출력 정합회로가 연결되면서 곡선(c)와 같이 이득은 7GHz 부근에서만 약간 증가한다.

입력단에서는 광대역의 정합 특성을 얻기가 곤란한데 그 이유는 MESFET의 입력 등가회로가 대역 통과형으로 구성되어 있으므로 저역 통과형의 정합회로로는 설계가 불가능하기 때문이다.

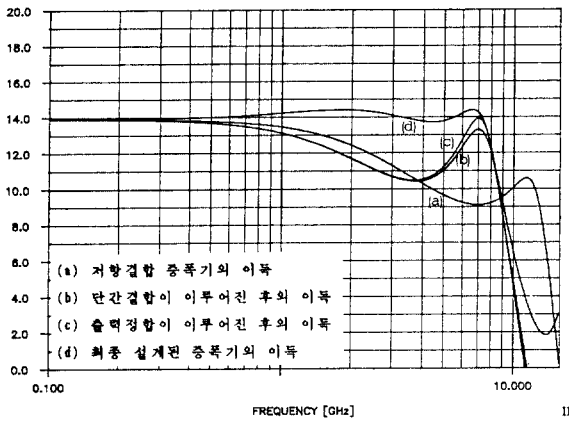


그림 6. 정합 회로에 따른 이득 곡선의 변화

Fig. 6. The gain curves with matching networks.

3. 임피던스 변환 회로

평탄한 이득을 얻기 위해서는 그림 3에서의 임피던스 변환기인 F1·F2·F3 에 해당하는 회로를 설계하여야 한다. 그림 6(c)로부터 입력 정합이 이루어지지 않은 상태에서도 저주파 대역에서의 이득과 최대 주파수에서의 이득은 동일 하고 3.5GHz 근방에서 3.5dB 정도의 리플이 생기는 이득 곡선을 얻는다. 외부 저항 R1·R2·R3 에 해당하는 저항 값은 이미 정해진 상태이므로 임피던스 변환 회로를 이용하여 이득이 낮은 특정 주파수 대역에서만 높은 임피던스를 갖도록 F1·F2·F3 의 회로를 설계하여야 한다. 이는 간단한 1/4 파장 선로 변환기로 가능한데 3.5GHz에서 1/4 파장인 선로는 7GHz에서 1/2 파장이므로 7GHz 대역에는 영향을 주지않고 3.5GHz 대역의 이득만을 키울 수 있다. 그러나 이들 3개의 변환기를 모두 사용할 경우 오히려 중간 대역의 이득이 너무 올라가 리플이 더욱 커지는 역효과가 나타날 수 있다. 본 논문에서는 F1 변환기만을 사용하고도 충분히 평탄한 이득을 얻을 수 있었다. 이렇게 하여 설계된 증폭기의 이득은 그림 6(d)와 같다.

4. 최적화

여러 개의 임피던스 변환기를 해석적으로 설계하는 것은 사용 MESFET의 파라미터와 요구되는 증폭기의 대역폭에 따라 달라지므로 본 논문에서는 우선 입력단에 붙는 F1 변환기만을 이용하여 평탄한 이득이 얻어지도록 한 후, 이것이 부족하면 또 다른 변환기를 사용하는 방법을 택하였다. 그러나 변환기에는 저항 성분 외에 유도성 또는 용량성의 성분들이 나타나므로 최종적인 선로의 임피던스와 길이는 이 특성이 가장 좋아지는 쪽으로 최적화시킨다. 본 논문 에서는 상용 컴퓨터 최적화 프로그램인 Super-Compact PC version을 이용하여 입·출력 정합과 이득에 대하여 최적화하였다. 이때 변환기는 F1 만을 사용하여도 충분하므로 F2, F3는 사용하지 않았다. 그림 7에 최적화한 최종 증폭기의 회로도를 보인다.

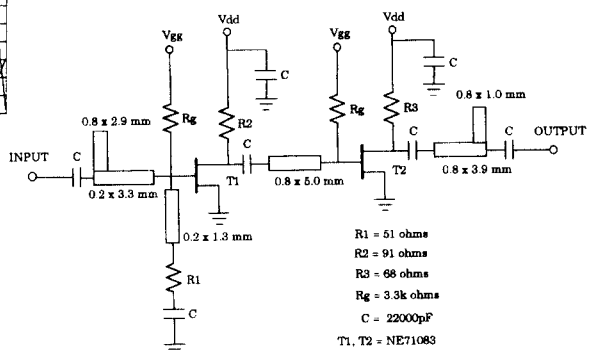


그림 7. 최적화한 손실 정합 초광대역 증폭기의 회로

Fig. 7. Optimized lossy-match ultrabroadband amplifier circuit.

Ⅳ. 제작 및 실험

마이크로스트립은 0.5mm 두께의 유전율이 2.5인 Teflon 기판을 사용하였다. 최종 설계, 제작된 초광대역 증폭기의 사진을 그림 8에 보인다. 게이트의 바이어스 공급은 3.3 kΩ의 고저항을 직접 게이트에 연결하여 정전기에 약한 게이트의 쇼트키 접합을 보호하면서 증폭기의 안정도를 높여주도록 하였다. 드레

인의 바이어스 공급은 R2와 R3을 통하여 이루어지며 한쪽 끝은 바이패스 커패시터로 단락시켰다. 각 단마다 블로킹 커패시터를 삽입하여 바이어스를 공급하고 있다. 모든 저항은 일반적으로 널리 쓰이는 세라믹 칩으로 가급적 그 크기가 작은 것을 선택하여 사용하였다. 블로킹 및 바이패스 커패시터는 적층형 세라믹 칩 커패시터로 22000pF을 사용하였다.

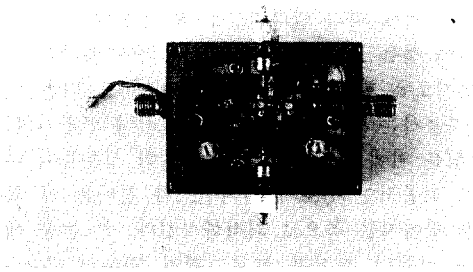


그림 8. 제작된 2단 초광대역 증폭기의 사진
Fig. 8. A photograph of 2-stage ultrabroadband amplifier.

입력 임피던스는 1.5GHz까지는 반사 손실 20dB 이하의 완전한 정합 특성을 보이나 주파수가 높아지면서 점점 나빠져 3GHz 근방에서는 약 10dB까지 올라간다. 반면에 출력 임피던스는 전대역에서 반사 손실 18dB 이하의 우수한 특성을 특성을 보인다. 증폭기의 이득 또한 7GHz에 이르는 넓은 대역에서 12.5±1dB 이내의 평탄한 특성을 나타낸다. 제작된 2단 증폭기의 이득과 정합 특성을 그림 9에 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 함께 보인다.

바이어스 전압에 따른 이득의 변화도 측정하였는데 그림 10과 11에서 알 수 있듯이 게이트의 바이어스에 대해서는 전대역이 평탄하게 15dB 이상의 가변 범위를 갖는 우수한 특성을 보이고 있다. 그러나 드레인의 전압 변화에 대해서는 공급 전압이 낮아지면서 이득의 평탄도는 상당히 왜곡되어 나타난다. 이러한 특성으로 보아 가변 이득 특성을 요구하는 초광대역 증폭기는 이중 게이트를 갖는 MESFET을 증폭 소자로 사용하여 설계 방법을 고찰하여 본다면 보다 유용한 가변 이득 특성이 얻어지리라 본다. 단지 본 논문에서는 바이어스에 따른 이득의 가변 가능성만을 제시하였다.

Ⅴ. 결 론

MESFET은 이제 마이크로파 대역에서의 중요한

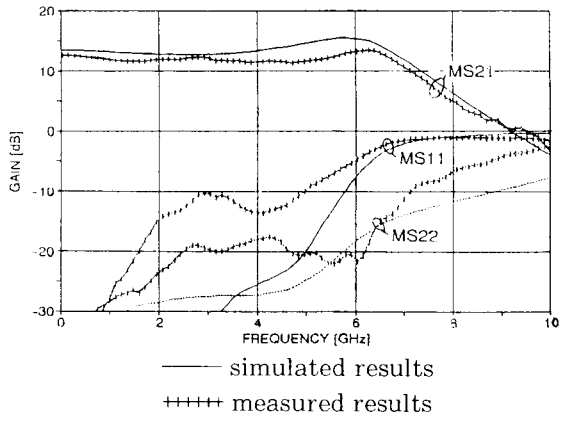


그림 9. 제작된 초광대역 증폭기의 이득 및 정합 특성
Fig. 9. Measured gain and matching characteristics of amplifier.

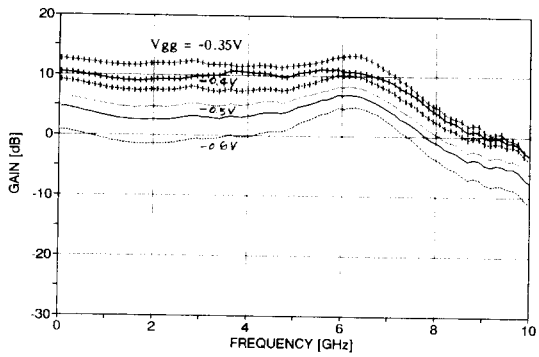


그림 10. 증폭기의 게이트 바이어스 전압에 따른 이득 가변 특성
Fig. 10. Variable gain characteristics with gate bias voltages.

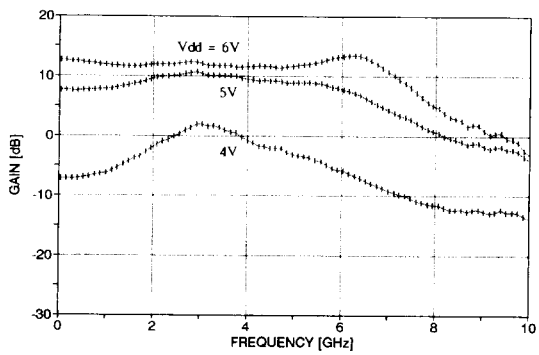


그림 11. 증폭기의 드레인 바이어스 전압에 따른 이득 가변 특성
Fig. 11. Variable gain characteristics with drain bias voltages.

능동 소자로서 뿐 아니라 초고속 논리 회로를 구성하는 소자로서, 또한 빠른 전송 속도가 요구되는 디지탈 통신 시스템 등에서도 없어서는 안될 중요한 증폭 소자이다. 본 논문에서는 이러한 MESFET의 응용 분야로서 여지껏 다루어 왔던 광대역 마이크로파 증폭기에서 벗어나 동작 대역을 DC에서 마이크로파 대역까지 확장하는 방법에 대하여 살펴보았다. 현재 이용 가능한 MESFET의 fmax은 약 100GHz 정도로서 충분한 이득을 얻을 수 있는 동작 대역을 20GHz 정도로 볼 때, 초광대역 마이크로파 증폭기로 10Gbps 이상의 고속 전송 신호의 증폭, 중계가 가능하다. 그러나 MESFET의 경우 입력단을 저역 통과형으로 정합시키는데는 한계가 있으므로 이를 해결하기 위해서는 근본적으로 입력 등가 회로가 저역 통과형으로 바뀌어지던가 임피던스가 낮아지도록 만드는 방법을 모색하여야 한다. 이러한 방법 중의 하나로 입력 정합회로를 게이트 공통으로 동작시키는 능동 회로로 대치하여 입력 반사계수를 낮추는 방법도 사용되고 있다[21,22]. 또한, 가변 이득 특성은 게이트의 바이어스 변화에 대하여 만족스러운 변화를 보이고 있으므로 보다 원활한 특성을 얻기 위해서는 이중 게이트를 갖는 소자를 사용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

앞으로의 과제는 이러한 초광대역의 증폭기의 응용 분야에 맞추어 MIC, 또는 MMIC로 설계하는 과정이 필요하다. 이러한 구조에서는 외부 저항도 능동소자로 대치되며 정합회로도 능동소자를 이용하는 설계 방법이 유리하며 단일 증폭보다는 2~3단의 고이득 증폭도 쉽게 얻을 수 있다. 입력 정합 특성이 중요한 경우에는 부득이 대역폭을 줄이거나 앞에서 제시한 게이트 공통의 능동 정합회로로 대치하는 것도 좋은 해결 방안이라 생각된다. 현재 개발 중에 있는 HBT (Hetero-junction Bipolar Transistor)의 경우 MESFET과는 달리 마이크로파 대역에서의 입력 정합 특성이 보다 좋으므로 앞으로의 초광대역 증폭기에 유용하게 사용되리라 기대된다.

參 考 文 獻

[1] W.J. Tomlinson and C.A. Brackett, "Telecommunications applications of integrated opticsand opto-electronics," *IEEE Proceedings*, pp.1512-1523, Nov. 1987.

[2] A.H. Gnauck, et al., "Information-bandwidth-limited transmission at 8 Gb/s over 68.3 km of optical fiber," Digest of Optical Fiber Comm. (OFC-86), Feb.24-26, 1986.

[3] R.S. Tucker, et al., "16 Gbit/s optical time-division-multiplexed transmission system experiment," Digest of Optical Fiber Comm. (OFC-88), Jan. 1988.

[4] F. Perez and J. Obregen, "Low-frequency limitation of ultra-broadband matched microwave amplifiers," *Electron. Lett.*, vol.18, pp.31-33, Jan. 1982.

[5] R. Soares, et al., ed., Applications of GaAs MESFETs, Dedham: Artech House Inc., 1983, Ch.3.

[6] K. Honjo and Y. Takayama, "GaAs FET ultrabroad-band amplifiers for Gbit/s data rate systems," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol.MTT-29, pp.629-636, July, 1981.

[7] N. Mamodaky, et al., "100 MHz to 17 GHz dual-gate variable-gain amplifier," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol.MTT-30, pp.918-919, June 1982.

[8] K.B. Niclas, "On design and performance of lossy matched GaAs MESFET amplifiers," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol.MTT-30, pp.1900- 1907, Nov. 1982.

[9] K.B. Niclas, et al., "The matched feedback amplifier: Ultrawide-band microwave amplification with GaAs MESFET's," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol.MTT-28, pp.285-294, Apr. 1980.

[10] F.Perez and V.Ortega, "A 0.15-12-GHz matched feedback amplifier using commercially available FET's," *IEEE Trans.* Mocrowave Theory Tech., vol. MTT-30, pp.1289- 1291, Aug. 1982.

[11] S.B. Moghe, et al., "A monolithic direct-coupled GaAs IC amplifier with 12-GHz bandwidth," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol.MTT-32, pp.1698-1703, Dec. 1984.

[12] E.W. Strid and K.R. Gleason, "A DC-12 GHz monolithic GaAs FET distributed amplifier," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol.MTT-30, pp.969-975, July 1982.

[13] R.A.Larue, et al., "A 12-dB high-gain monolithic distributed amplifier," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol. MTT-34, pp.1542-1547, Dec. 1986.

[14] S.N. Prasad, et al., "Power-bandwidth considerations in the design of MESFET distributed amplifiers," *IEEE Trans.* Microwave Theory Tech., vol. MTT-36, pp.1117- 1123, July 1988.

[15] D. Hornbuckle, "GaAs IC direct-coupled amplifiers," 1980 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., 1980, pp. 387-389.

[16] W.C. Petersen, et al., "A monolithic GaAs DC to 2-GHz feedback amplifier," IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-30, pp.27-29, Jan. 1983.

[17] D.P. Hornbuckle and R.L. Van Tuyl, "Monolithic GaAs direct- coupled amplifiers," IEEE Trans. Electron Devices, vol.ED-28, pp.175-182, Feb. 1981.

[18] D.B. Estreeich, "A monolithic wide-band GaAs IC amplifier," IEEE J. Solid-State Circuits, vol.SC-17, pp. 1166-1173, Dec. 1982.

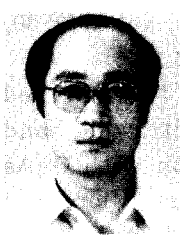
[19] 윤영철, 김병철, 안달, 장익수, "초광대역 마이크로파 증폭기 설계를 위한 단순화한 GaAs MESFET 모델링," 대한전자공학회지, 제26권, 제9호, pp.10-17, 1989년 9월.

[20] 윤영철, "단순화한 GaAs MESFET 모델링에 의한 손실정합 초광대역 마이크로파 증폭기의 설계에 관한 연구," 서강대학교 대학원 박사학위 논문, 1988년 12월.

[21] R.E. Lehmann, et al., "10 GHz monolithic GaAs low noise amplifier with common-gate input," IEEE GaAs IC Symp. Tech. Dig., 1982, pp.71-74.

[22] D.B. Estreich, "A monolithic wide-band GaAs IC amplifier," IEEE J. Solid-State Circuits, vol.SC-17, pp. 1166-1173, Dec. 1982.

著者紹介



尹 永 哲(正會員)

1956年 2月 15日生. 1978年 2月 서강대학교 전자공학과(공학사). 1982年 2月 서강대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1989年 2月 서강대학교 대학원 전자공학과마이크로파 공학 전공(공학박사). 1987年 9月~현재 관동대학교 전자공학과 조교수. 주관심 분야는 선형 및 비선형 마이크로파 회로 설계 등임.

張 益 洙(正會員) 第29卷 A編 第12號 參照
현재 서강대학교 전자공학과 교수.