論文 92-3-1-2

MMIC용 초광대역 마이크로파 증폭기설계에 관한 연구
(Study on the Ultra-Wideband Microwave Amplifier design for MMIC)

李 永 哲*, 愼 哲 宰**
(Young Chull Rhee*, Chull Chai Shin**)

요 약

본 연구에서는 초광대역증폭기를 설계하고자 GaAs MESFET 소신호 등가회로에 인덕터 피킹소자를 첨가하여 캐패시턴스의 영향을 감소시키는 주파수 피킹현상에 대하여 분석하였다.

GaAs MESFET의 소신호 등가회로의 전달함수로 부터 인덕터 피킹소자의 최적값을 유도하였으며, 매우 균일이득을 갖는 귀환증폭모듈을 실현하였다. 실-주파수법에 의하여 입력과 출력단의 임피던스정합회로를 설계하여 초광대역 마이크로파증폭기를 구현하였으며 컴퓨터 시뮬레이션에 의하여 설계된 증폭기의 이득의 오차는 0.1GHz~12GHz에서 0.56dB의 매우 균일한 이득을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

To design of Ultra-wideband amplifier, we analyzed the inductor peaking to reduce the capacitance effect of GaAs MESFET in upper frequency edge. And we deduced an optimun inductor peaking element from transfer function of GaAs MESFET small-signal equivalent circuit and realized the Feedback Amplifier Module(FAM) having flat gain. We design the input and output impe dance matching networks by Real-Frequency Method. It show that the gain of designed amplifier has a 6.38dB with gain variation 0.56dB at 0.1~12GHz frequency band by computer simulation.

I. 서 론

현대의 정보시대에 있어서 통신시스템은 광대역-종합정보통신망(B-ISDB)구축에 따른 많은 양의 정보데이터를 수용하기에 적합한 대용량, 초고속 GBPS (Giga bit per second) 디지탈 정보 전송시스템에 대한 연구를 진행하고 있으며 이에 가장 적합한 시스템은 초고속 GBPS급 광 통신시스템이며 GBPS용 광통신시스템의 수신단에서는 GBPS를 수용할 수 있는 초광대역(Ultra-Wideband)마이크로파 전치증폭기(Preamplifier)를 절대적으로 필요로 한다.[1,2] 이와 같은 초광대역을 갖는 마이크로파증폭기 설계 방

*경남대학교 전자공학과 부교수
Dept.of Electrnic Engineering, Kyungnam University
**아주대학교 전자공학과 교수
Dept.of Electronic Engineering, A-Jon University

법에는 손실정합에 의한 증폭기설계[3]와 광대역 마이크로파증폭기설계에 의한 방법[4], 최상한 주파수대(Upper band)에서 최대가용이득(MAG)을 달성하기 위한 귀환증폭기형태 및 MMIC를 위한능동소자정합에 의한 초광대역 증폭기 설계방법으로 구분된다.[5] 귀환형 초광대역 마이크로파증폭기 설계에 있어서 Niclas의 경우 GaAs MESFET소자에 귀환저항과 인덕터를 사용하여 주파수대역을 350MHz에서 14GHz까지 확장시켰으나[6], 귀환저항소자(Rf)값을 구하기 위하여 저역주파수대에서의 산란계수(S-Parameter)값을 이용하였으며 증폭기에서 사용한 인덕터에 대하여 최적값을 산출하지 않았다.

본 논문에서는 GaAs MESFET 귀환증폭기 형태에서 게이트와 드레인단에 인덕터를 부가하여 인덕터피킹(inductor peaking)에 의한 주파수 확장과 초광대역에서 균일이득을 유지할 수 있도록 귀환증폭모듈의 인덕터 피킹소자값의 최적화 수식을 유도하고 이에 알맞는 초광대역 귀환증폭모듈을 설계하고자 하며 실-주파수법에 의하여 초광대역 임피던스를 정합시키므로서 MMIC에 적합한 초광대역 마이크로파 증폭기를 설계하고자 한다.

Ⅱ. 마이크로파증폭기의 안정화(Stability)

초광대역 마이크로파 증폭기는 수십MHz에서 수GHz에 이르르는 넓은 주파수대역에서 균일이득의 특성을 갖어야 하므로 전대역에서 안정도 및 안정화 보상회로를 고려하여 증폭기가 설계되어야 한다. 능동소자에 대한 그림 (1)과 같은 2단자회로에서 입력 또는 출력임피던스의 실수부(Re[Z_{in}] 또는 Re[Z_{out}])가 (+)값일 때 증폭소자는 특정주파수대에서 고유안정상태(inherent stable)에 있다고 할 수 있으며, 고유안정상태의 조건을 산란계수로 표시하면 $|S_{11}|<1$, $|S_{22}|<1$이다.[7] 2단자 회로의 입력 또는 출력 임피던스의 실수부가(−)값을 갖게 되면 스미스도(Smith chart)의 외곽에 1보다 큰 반사계수값이 위치하게 되며, $|S_{11}|>1$ 또는 $|S_{22}|>1$이되어 능동소자는 잠정 불안정(Potentially Unstable)상태에 놓이게 된다. 이러한 경우 발진이 일어나기 쉬우며 최대전력이득(Maximim power Gain)은 무한대 되어 입출력단에서 공액정합(Conjugate matching)이 불가능해 진다.[8] 일반적으로 산란계수에 의한 능동소자의 안정도는 Sterne (Rollet) 안정도 K를 사용하며 K값은

$$K=\frac{1-|S_{11}|^2-|S_{22}|^2+|S_{11}S_{22}-S_{12}S_{21}|^2}{2|S_{21}S_{12}|} \qquad (1)$$

이며[5,8] 비교적 낮은 주파수대에서의 안정도는 능동소자의 Y-파라메터를 이용한 Linvill 안정도 C에 의하여 판단된다. Linvill 안정도 C는

$$C=\frac{|Y_{12}Y_2|}{P-2g_{11}g_{22}} \qquad (2)$$

으로 정의된다.[9] 윗식에서 $Y_{21}Y_{21}=P+jQ$으로 P값은 Re[$Y_{12}Y_{21}$]이다. g_{11}과 g_{22}는 Y_{11}과 Y_{22}의 실수값이다. 일반적으로 초광대역에서는 높은 주파수대에서는 Sterne 안정도 K가 K>1인 상태가 되어야 하며, 낮은 주파수대에서 Linvill 안정도 C는 0<C<1의 상태가 되어야 안정한 상태에서 증폭작용을 할 수 있다.

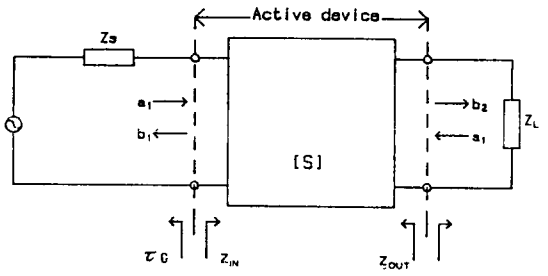


그림 1. 2 단자회로망
Fig. 1. Two port network.

설계하려는 초광대역 증폭기를 안정한 상태로 동작시키기 위하여 첫째, GaAs MESFET의 안정상태는 Linville 안정도 C와 Sterne K로서 판단하며 입력단과 출력단의 임피던스 정합회로의 형태를 저역통과(Low-pass)형태로 선정하여 규정한 주파수대역 이외의 최상한 주파수점(Upper band)에서 Sterne 안정도 K를 판단하여야 한다. 둘째, GaAs MESFET가 규정한 주파수대에서 고유안정 상태에 있지 않다면 안정화 보상회로를 사용하여 증폭단 모듈의 안정도를 보상하여야 한다. 즉 입력과 출력단에서 쳐다 본 부하단(또는 전원단) 임피던스의 위치를 조사하여 출력(또는 입력) 콘덕턴스값(g_{11} 또는 g_{22})이 양(+)의 값을 갖도록 해야한다.

GaAs MESFET와 같은 능동소자의 Sterne 안정

도 K>1 또는 Linville 안정도 C가 0<C<1의 조건을 만족시키지 못하고 불안정한 상태에 있을 때 능동소자 GaAs MESFET의 입력단 (또는 출력단)에 충분히 큰값의 콘덕턴스을 갖도록 shunt(단락)회로를 구성하여 증폭기의 안정도를 보상시킬 수 있다. 안정도 보상회로는 GaAs MESFET와 같은 능동소자의 입력과 출력 임피던스의 실수값 Re[Z_{in}], Re[Z_{out}]을 보상하는 원리로서 일반적으로 GaAs MESFET와 같은 능동소자는 비교적 낮은 주파수 영역에서 K<<1이므로 낮은주파수대에서 Γ_L과 Γ_G를 매우 신중하게 선택하거나 입력단 또는 출력단에 단락저항을 삽입하여 안정도 조건을 만족시켜야 한다. 안정도 C를 이용 GaAs MESFET가 고유안정상태에서 동작하기 위한 필요조건을 구하면 식(2)로 부터

$$G_{11}G_{22}>1/2[|Y_{12}Y_{21}|+P] \tag{3}$$

이다. GaAs MESFET의 입력단에 안정화 보상 단락저항을 연결하였을 때 입력 콘덕턴스 G_{11}'는

$$G_{11}'=\frac{|Y_{12}Y_{21}|}{2G_{22}C}+[\frac{P}{2G_{11}}-G_{22}] \tag{4}$$

이 되며, 증폭기를 안정화 시키기 위하여 안정화 보상단락저항을 GaAs MESFET의 출력단에만 사용하였을 경우 출력콘덕턴스의 최소값 G_{22}'는

$$G_{22}'=\frac{|Y_{12}Y_{21}|}{2G_{11}C}+[\frac{P}{2G_{11}}-G_{22}] \tag{5}$$

이 되며 C는 보상회로를 삽입한 후 요구되는 안정도 값이다.

GaAs MESFET의 입,출력단에 안정화 보상회로에 의하여 증폭기를 안정화 시켰으나 증폭기의 이득이 현저히 감소되는 경우에는, 입력 또는 출력 보상단락저항을 가변시켜 증폭기의 이득손실이 가장 작게 나타나는 저항값을 결정해야 한다. 한편 GaAS MESFET의 최대 전력이득 G_{max}는

$$G_{max}=\left|\frac{S_{21}}{S_{12}}\right|[K-K^2-1]$$

$$G_{max}=\left|\frac{Y_{21}}{Y_{12}}\right|[\frac{1}{C}-\frac{1}{C^2}-1] \tag{6}$$

으로 된다.

Ⅲ. 균일이득(Flat Gain) 증폭기를 위한 전달함수 조건

증폭기의 기본적인 특성은 증폭기 소자를 포함한 전달함수(Transfer function)에 의하여 결정되므로 $s=\sigma+j\omega$의 영역에서 증폭기의 전달함수 H(s)의 관계를 표현하면 다음과 같다.

$$H(s)=\frac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} \tag{7}$$

$V_{out}(s)$, $V_{in}(s)$는 출력과 입력전압에 대한 Laplace 함수이다.

모든 주파수에 전달함수에 대한 진폭비(Amplitude ratio) $a(\omega)$는 다음 식으로 표현된다.

$$h(\omega)=|H(s)|_{s=j\omega} \tag{8}$$

한편 증폭기의 특성중에 신호지연(delay) 특성은

$$\tau(w)=\frac{d\phi(A)}{d\omega}\Big|_{s=j\omega} \tag{9}$$

으로 나타낼 수 있으며 $\phi(A)$는 증폭기 전달함수의 위상을 의미한다.

식(8)과 (9)는 어떠한 형태의 증폭기에 대하여도 증폭기의 특성을 규명하는데 중요한 수식이다. 전달함수 H(s)를 증폭기 소자의 등가회로 또는 2단자회로망으로 표현될 때 전달함수에 대한 함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$H(s)=H_0\frac{1+a_1s+a_2s^2+\cdots\cdots+a_ms^m}{1+b_1s+b_2s^2+\cdots\cdots+b_ms^n} \tag{10}$$

위 식에서 H_0는 DC성분에 대한 이득이며 분모와 분자의 최고역차항은 n>m을 만족되어야 한다. (10)식에 대하여 전달함수 H(s)를 극점(pole)과 제로점(Zero)으로써 표현하면

$$H(s)=\frac{(P-P_{01})(P-P_{02})\ .....\ (P-P_{0j})}{(P-P_{p1})(p-p_{p2})\ .....\ (P-P_{pk})} \tag{11}$$

으로 되며 (11)식에 의하여 증폭기 회로의 pole-zero 패턴을 도시하여 전달함수 절대값 |H(s)|은 극점 벡터와 제로벡터의 길이의 곱과 비율에 의하여 구할 수 있다. 한편 위상은 벡터위상의 합과 차에 의하여 구

한다. (11)식에 의한 극점-영점 구성도(pole-zero pattern)에 의하여 증폭기의 안정도(stability), 특성형태(charateristic shape), 임펄스 응답특성을 추론할 수 있으며 극점-영점구성도는 증폭기 회로분석에 중요한 역활을 한다.

식(10)에 주어진 전달함수를 각주파수(ω)으로 표현하면

$$\frac{V_{out}(\omega)}{V_{in}(\omega)} = A(\omega) = A_0 \frac{1+ja_1\omega-a_2\omega^2-ja_3\omega^3+\cdots}{1+jb_1\omega-b_2\omega^2-jb_3\omega^3+\cdots} \quad (12)$$

이다. A_0는 증폭기회로의 DC성분 이득이다. 식(12)에서 a와 b는 분자와 분모의 상수이며 분자, 분모의 최고멱차항은 (10)식에서와 동일하게 n>m의 조건을 만족하여야 한다. 전달함수 $H(\omega)$에 대하여 주파수 관계식으로 표현하면 (12)식은

$$h(\omega) = |H(\omega)| = H_0 \frac{1+C_2\omega^2+C_4\omega^4+C_6\omega^6+\cdots}{1+d_2\omega^2+C_4\omega^4+C_6\omega^6+\cdots} \quad (13)$$

으로 표현되며 상수 C와 D는 각각 C=C($a_1\cdots a_n$), d=d($b1\cdots b_n$)의 관계에 의하여 구하여 진다. (13)식에 의하여 진폭응답(Amplitude Response)은 even 함수 형식으로 표시됨을 알 수 있으며 진폭응답에 대하여 최대균일 (maximum flat) 진폭응답 특성을 갖는 조건은

$$\left.\frac{d^k a(\omega)}{d\omega^k}\right|_{\omega=0} = 0 \quad (14)$$

이다.

Ⅳ. 마이크로파 귀환증폭기모듈의 설계

마이크로파 능동소자인 GaAs MESFET는 넓은 주파수대에서 $|S_{21}|$값이 일정하지 않고 비교적 낮은 주파수대에서는 이득이 비교적 크다. 이로 인하여 입력단에서 큰 반사계수를 갖기 때문에 증폭기는 매우 불안정한 상태에 있게 되며, 3GHz이상의 높은 주파수대에서는 GaAs MESFET의 기하학적 구조에 따라 저잡음지수(Low-Noise Figure)특성을 갖고 안정하게 동작시킬 수 있으나 이득이 저하되는 특성이 있다. 이와같은 특성을 갖는 GaAs MESFET에 의하여 초광대역(6 Octave이상)에서 균일이득특성을 갖는 초광대역 귀환증폭기모듈(Ultra-wideband Feedback Amplifier Module : UFAM)을 설계하기 위하여 그림(2)의 부궤환 증폭 형태를 이용하였다.

그림(2)에서 게이트 입력단에 단락저항 R_G은 낮은 주파수대에서 이득을 감소시키고, 증폭소자가 안정한 상태로 동작시키기 위하여 게이트 단락저항은 앞절에서 언급한 안정화 보상회로로서 작용한다. 드레인에 인덕터 피킹소자 L_D를 삽입하여 GaAs MESFET 소신호 등가회로에서 C_{ds}의 영향을 보상하고, 게이트 인덕터피킹소자 L_G는 C_{gs}의 영향을 보상하기 위하여 삽입하였다. 귀환저항 R_F와 귀환 인덕터 L_F 및 인덕터 피킹소자에 의한 주파수대역 확장효과를 얻고자 그림(2)와 같이 구휜 증폭기모듈을 설정 할 수 있다.

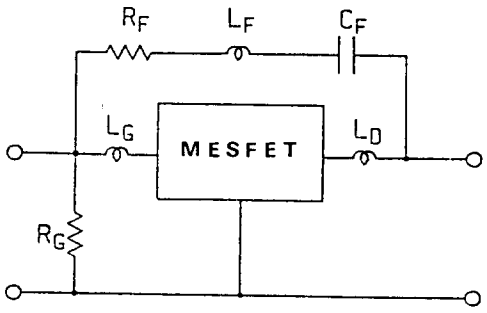


그림 2. 귀환증폭모듈회로
Fig. 2. Feedback Amplifier Module

인덕터피킹에 의한 주파수확장 효과를 알아보기 위하여 GaAs MESFET의 간략화된 소신호등가회로[10]를 그림(3)과 같이 나타낼 수 있다. 그림(3)에서 입사전류 i(t)신호가 입사되었다고 가정하여 전달임피던스 $V_0(t)/i(t)$를 구하면

$$|Zt| = \left|\frac{V_0(t)}{I(t)}\right| = \left|\frac{Z_gZ_fZ_1(1-g_mZ_f)}{(Z_g+Z_f)(Z_1+Z_f)-Z_gZ_1(1-g_mZ_f)}\right| \quad (15)$$

이 되며 Z_1, Z_f, Z_g는 GaAs MESFET의 캐패시턴스의 영향을 감소시키기 위하여 인덕터 피킹 소자를 고려한 임피던스이다. 각각의 캐패시터를 고려하여 그림(4)와 같이 나타 낼 수 있다. 인덕터 피킹회로(L_D,

L_G, L_f)가 없을 때 C_{gs}, C_{gd}, C_{ds}의 영향을 알아보기 위하여 주파수에 대한 전달임피던스 변화값은

$$\frac{d|Z_t|}{d\omega}=\frac{\partial|Z_t|}{\partial|Z_g|}\cdot\frac{d|Z_g|}{d\omega}+\frac{\partial|Z_t|}{\partial|Z_l|}\cdot\frac{d|Z_l|}{d\omega}+\frac{\partial|Z_t|}{\partial|Z_f|}\frac{d|Z_f|}{d\omega} \quad (16)$$

로 쓸 수 있으며[11]

$$\frac{d|Z_t|}{d|Z_g|}>0,\quad \frac{d|Z_t|}{d|Z_l|}>0,\quad \frac{d|Z_t|}{d|Z_f|}>0 \quad (17)$$

의 값을 가지므로 $\frac{d|Z_g|}{df}$, $\frac{d|Z_l|}{df}$, $\frac{d|Z_f|}{df}$ 를 구하면

$$\frac{d|Z_g|}{df}=-(2\pi C_{gs})^2 f[(\frac{1}{R_g})^2+(2\pi C_{gs})^2]^{-3/2} \quad (18)$$

$$\frac{d|Z_l|}{df}=-(2\pi C_{ds})^2 f[(G_d+\frac{1}{R_l})^2+(2\pi C_{ds})^2]^{-3/2} \quad (19)$$

$$\frac{d|Z_f|}{df}=-(2\pi C_{gd})^2 f[(\frac{1}{R_f})^2+(2\pi f C_{ds})^2]^{-3/2} \quad (20)$$

이된다. 윗식에서 C_{gs}, C_{gd}, C_{ds}에 의하여 주파수에 대한 임피던스의 변화분이 (−)이므로 주파수에 대하여 그 값이 감소됨을 알 수 있다. 이와 같은 캐패시터의 영향을 감소시키기 위하여 인덕터 피킹소자 L_D, L_G, L_f를 부가시키면 회로내에서 인덕터의 영향으로 대역폭이 넓어짐을 예측할 수 있다.

게이트 인덕터 피킹회로를 고려하고 게이트 인덕터의 최적값을 유도하기 위하여 인덕터 L_G에 의하여 직접적인 영향을 받는 R_g와 C_{gs}와의 임피던스 전달함수 Z_a를 그림(4)에서 구하면 다음식으로 표현된다.

$$H(S)=\frac{\alpha^2+\beta^2}{(S+\alpha+j\beta)(S+\alpha-j\beta)} \quad (21)$$

$$\alpha=\frac{R_g}{2L_g},\quad \beta=\frac{1}{2}\{\frac{4}{L_gC_{gs}}-(\frac{R_g}{L_g})^2\}^{1/2}$$

식(14)의 최대 균일이득을 얻기 위한 조건에 대입하여 균일이득의 조건을 구하면

$$\frac{d^2H(s)^2}{d\omega^2}=\frac{(\alpha^2+\beta^2)(2\omega^2+2(\alpha^2-\beta^2)}{[\omega^4+2\omega^2(\alpha^2-\beta^2)+(\alpha^2+\beta^2)^2]^4} \quad (22)$$

이 되며 윗식에서 균일이득을 갖는 최대주파수의 조건은 $\omega^2_{max}=\beta^2-\alpha^2$이다.

식(21)에 α와 β를 각각 대입하고 인덕터 L_G에 대한 최적값은

$$L_{Gopt}=\frac{C_{gs}^{-1}+\{C_{gs}^{-1}-2\omega^2_{max}R_g\}^{-1/2}}{2\omega^2_{max}} \quad (23)$$

으로 된다.

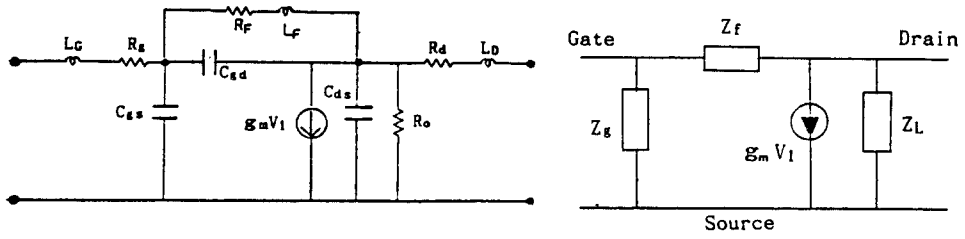


그림 3. GaAs MESFET의 간략화된 등가회로
Fig. 3. Simplifed GaAs MESFET equivalent circuit.

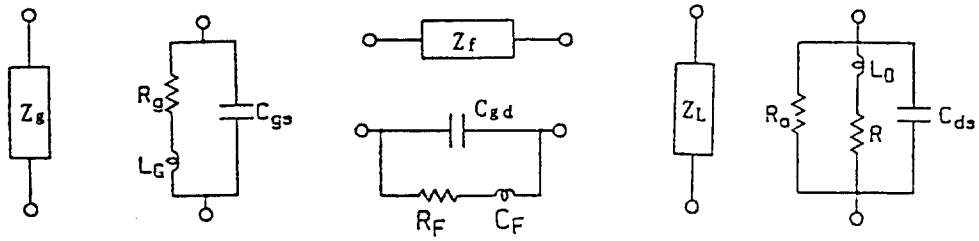


그림 4. Z_g,Z_f,Z_L의 회로구성
Fig. 4. Circuit components of Z_g,Z_f and Z_L

동일한 방법을 적용하여 귀환 인덕터 피킹의 최적값 L_{Fopt}과 드레인 인덕터 피킹의 최적값 L_{Dopt}을 구할 수 있다.

V. 시뮬레이션과 초광대역증폭기 설계

5-1. 귀환증폭모듈에 대한 시뮬레이션

초광대역을 갖는 귀환 증폭모듈은 그림(2)과 같으므로 그림에서 게이트저항 R_G, 귀환저항, 인덕터피킹소자의 영향을 분석하기 위하여 본 연구에서는 NE70083A GaAs MESFET의 산란계수를 가지고 Super-Compact[13]로서 시뮬레이션을 수행하였다. 귀환증폭모듈의 인덕터소자값은 최상한 주파수를 13GHz로 하고 GaAs MESFET의 소신호 등가소자값 C_{gs}값을 식(23)에 대입하여 게이트 인덕터의 L_G값을 구하였더니 $L_G \approx 0.3$nH이었다. 이값을 중심으로 L_G에 의한 증폭기모듈의 피킹현상을 그림(5-1)과 같다. 같은 원리에 의하여 드레인 인덕터 L_D에 대한 증폭기이득 $|S_{21}|$의 영향은 그림(5-2)와 같으며 L_F에 대한 시뮬레이션의 결과는 그림(5-3)과 같다.

그림 (5-4)는 게이트저항 R_G에 대한 시뮬레이션의 결과이며 귀환저항 R_F에 대한 증폭모듈의 이득값은 그림(5-5)과 같다. 시뮬레이션 결과 증폭기모듈의 최적소자값을 R_F=500Ω, L_F=0.5nH, C_F=30pF, L_D=0.2nH, L_G=0.2nH, R_G=1KΩ으로 선정하였을때 그림(5-6)과 같이 증폭기의 전달이득이 6.25dB, 최상한 f_{3db}는 약 13GHz을 얻을 수 있었다. 그림(5-6)는 설계된 귀환증폭모듈과 GaAs MESFET의 MSG, G_{max}, $|S_{21}|^2$및 안정도 K값을 비교하였다. 그림에서 13GHz 이상에서 안정도 K값이 1보다 매우 크게 나타나는데 이것은 S_{21}의 위상마진에 의한 영향으로 평가된다.

5-2. 초광대역 임피던스정합과 구현

초광대역마이크로파 증폭기를 설계하기 위하여 입력과 출력단에 초광대역 임피던스정합회로를 구성해야하므로 본 연구에서는 MMIC에 적합한초광대역 마이크로파 증폭기를 설계하기 위하여 광대역 무손실 임피던스 정합에 적합한 실-주파수법[14] (Real-Frequency Method)을 이용하였다. 앞절에서 이용한 NE70083 GaAs MESFET의 산란계수에 의하여 귀환증폭모듈에 대한 입력임피던스와 출력임피던스를 구하면 표(1)과 같다. 귀환증폭기모듈의 입,출력 임피던스 정합회로의 설계이 있어서 동작이득(Operational Gain : G_o)에 의하여 출력정합회로 부터 설계할 경우 증폭기의 전달이득은 가용이득(Avaiable gain : G_A)에 의한 정합회로 설계보다 이득이 약간 상승되나 입력과 출력단에서 VSWR이 상대적으로 매우 커지므로 초광대역증폭기에 대하여 가용이득(G_A)에 의하여 입력임피던스단에서 부터 설계해야 양호한 균일이득을 갖는 초광대역증폭기를 설계할 수 있음을 시뮬레이션에 의하여 확인할 수 있었다. 가용이득에 의하여 입력단에서 부터 초광대역 임피던스정합회로의 설계를 설계하기 위하여 표(1)의 입력임피던스값과 전원측의 50Ω 사이에 실주파수법에 의한 Multimatch 프로그램을 사용하였다.[15] 가용이득에 의한 입력임피던스와 귀환증폭모듈의 이득을 고려하여 전대역에서 균일이득이 나타나도록 증폭기 설계에서 최대이득값을 8.3dB로 선정하였다. 증폭기 이득 선정에 의하여 전대역에서 가용이득의 최대값

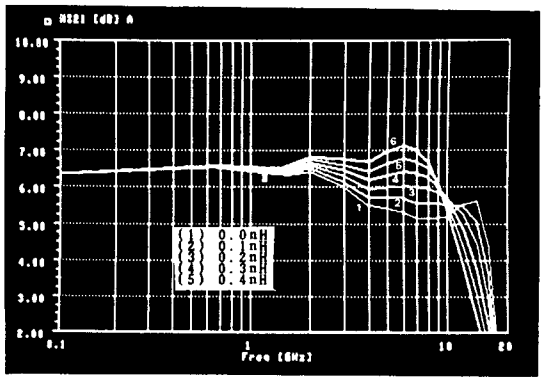


그림 5-1. L_G에 의한 이득값 L_D=L_F=0, R_G=1KΩ R_F=0.5KΩ

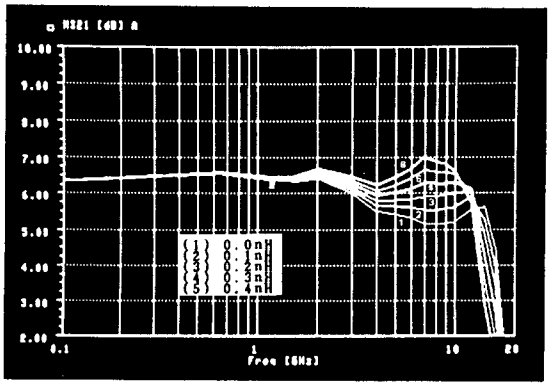


그림 5-2. L_D에 의한 이득값 L_G=L_F=0, R_G=1KΩ R_F=0.5KΩ

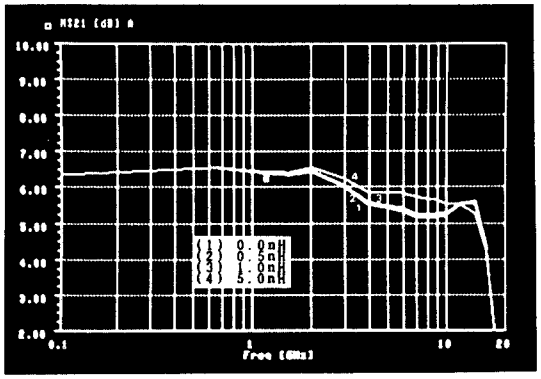


그림 5-3. L_F에 의한 이득값 L_D=L_G=0, R_G=1KΩ R_F=0.5KΩ

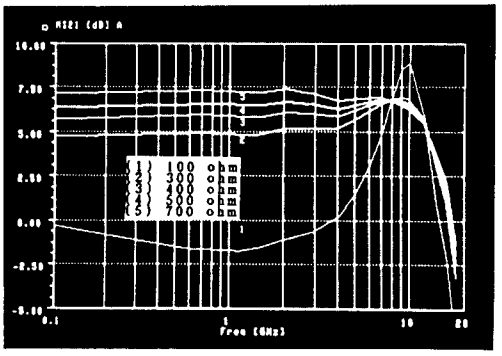


그림 5-5. R_F에 따른 이득값 L_G=L_D=0.2nH L_F=0.5nH R_G=1KOhm

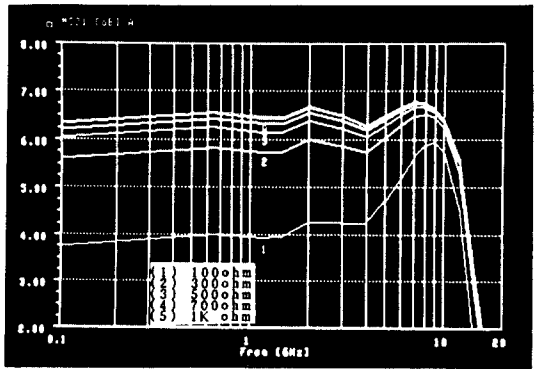


그림 5-4. R_G에 의한 이득값 L_G=L_D=0.2nH L_F=0.5nH R_F=0.5K

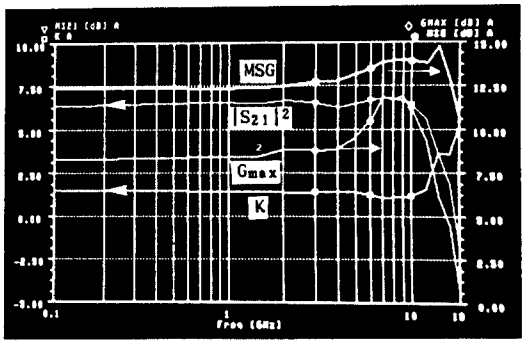


그림 5-6. G_{max}, MSG, K 및 $|S_{21}|^2$ 값의 비교

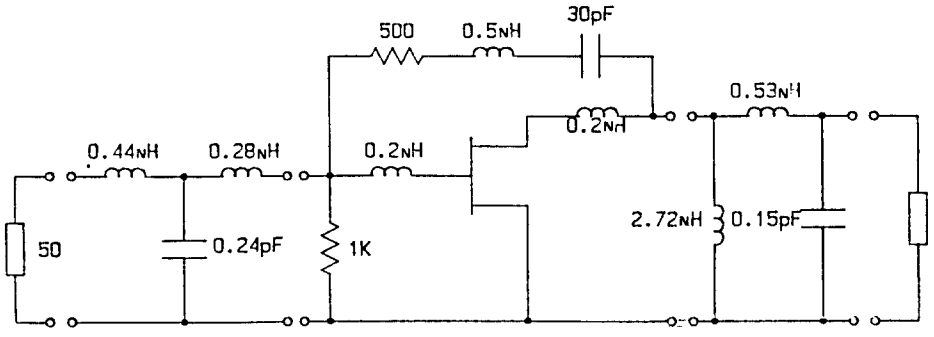
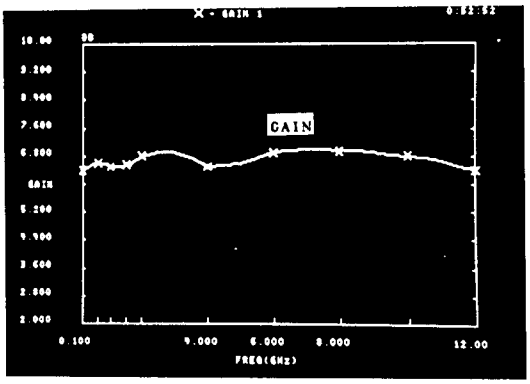


그림 6. 설계된 초광대역 마이크로파증폭기
Fig. 13. Designed Ultra-Wideband microwave amplifier

표 1. 귀환증폭모듈의 입력,출력임피던스값

주파수(GHz)	입력임피던스(Z_i)	출력임피던스(Z_o)
0.1	139.677−25.718	126.062− 9.965
0.5	131.953−29.392	124.718−11.430
1.0	102.431−58.776	120.197−36.356
1.5	83.386−66.349	112.373−40.821
2.0	64.185−65.537	99.517−53.538
4.0	24.522−46.221	61.682−51.417
6.0	10.863−27.971	37.861−47.495
8.0	5.514−11.135	25.190−34.976
10.0	5.554− 3.361	19.482−22.478
12.0	10.844−20.147	16.301−10.103



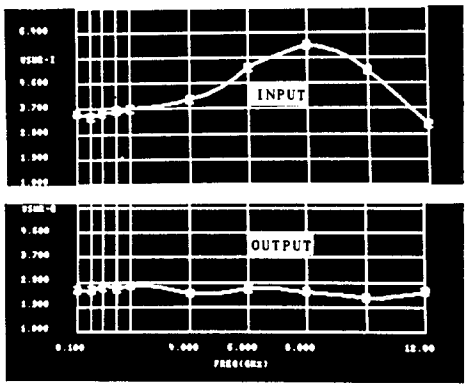


그림 7. 설계된 초광대역증폭기의 이득, VSWR
Fig. 14. Gain and VSWR of designed Ultra-wideband amplifier.

과 최소값의 변화가 최소가 되도록 프로그램에 의한 최적화 과정을 통하여 시뮬레이션한 결과 0.1GHz에서 12GHz사이의 초광대역을 갖는 마이크로파증폭기를 그림(6)과 같이 설계하였으며 설계된 초광대역 마이크로파 증폭기의 전달이득은 6.38dB에서 6.96dB사이로 매우 양호한 균일이득을 얻었으며 입력단의 VSWR은 3.16에서 5.9사이의 값으로 비교적 높은 값이었으며 출력단에서의 VSWR은 2.22에서 2.67의 사이로 비교적 균일한 상태로 그림(7)과 같다.

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 6옥타브이상의 초광대역성을 갖는 마이크로파증폭기의 설계방법에대하여 논의하였다. 기본 귀환증폭기에서 사용하는 GaAs MESFET등가회로의 C_{dg}, C_{gs}및 C_{ds} 영향을 감소시키고자 드레인과 게이트단에 인덕터피킹소자를 부가시키고 귀환저항과 귀환인덕터를 사용하였으며, 초광대역에서 균일이득과 증폭모듈의 안정도를 고려하여 게이트 저항을 단락시켜 초광대역 특성을 갖는 귀환증폭모듈을 설계하였다. 간략화된 GaAs MESFET 소신호등가회로의 전달함수로 부터 인덕터 피킹소자의 최적값을 유도하였으며 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 인덕터피킹현상을 분석할 수 있었다.

본 논문에서는 NE70083 GaAs MESFET를 택하여 0.1GHz에서 13GHz까지 6.25dB의 균일한 전달이득을 갖는 귀환증폭모듈에 실-주파수법에 의한 입력단과 출력단 임피던스 정합회로를 설계하므로서 초광대역 마이크로파증폭기를 구현할 수 있었다.

시뮬레이션 결과 0.1GHz에서 12GHz사이에서 설계된 초광대역 증폭기는 6.38~6.96dB로 0.56dB의 이득변화를 갖는 매우 균일이득 초광대역마이크로파 증폭기를 설계할 수 있었다. 설계된 증폭기의 입력 VSWR이 비교적 높았으나 출력 VSWR은 2.5정도로 초광대역에서 비교적 양호함을 알 수 있다.

이와같은 초광대역 마이크로파증폭기 설계방법에 의하여 MMIC로서 실현시켰을 때 초광대역 증폭기를 실용화될 수 있으리라 사료되며 초고속 광 통신시스템에 적용할 때 PIN 포토다이오드와 함께 OEIC으로 광 수신전치증폭기를 실현할 수 있으리라 기대한다.

참 고 문 헌

1. T.Muoi, "Receiver design for high speed optical fiber systems," J.of lightwave Technology, Vol.Lt-2, No.3, June, pp.243-267, 1984.
2. R.A.Minasian., "optimum design of a 4G-bit /s. GaAs MESFET Optical preamplifier," ibid., Vol.LT-3, No.3, March pp.373-379 1987.
3. K.Honjo and Y.Takayama, "GaAs FET Ultra-broad-band amplifier for Gbit /s.data rate systems," IEEE Trans. Microwave theoryTech., Vol.MTT-29, pp.629-636, July 1981.
4. J.L.Gimlett, "Low-Noise 8 GHz PIN /FET optical receiver," Electron Lett., Vol.23, No.6, 12th, pp.281-283, March 1987.
5. Robert Soares, GaAs MESFET circuit design, Artech House Inc., Boston, ch.3. 1988.
6. K.Niclas, "GaAs MESFET Feedback amplifiers, Design consideration and characteristics," Microwave Journal, pp.39-85, March 1980.
7. P.L.D.Abrie, The design of Impedance-Matching network for Radio-Frequency and Microwave amplifiers, Artech House Inc., Boston, ch.8 1985.
8. G.D.Vendelin, et al., "Microwave circuit design Using linear and nonlinear Techniques, John Wiley and Son,Inc., ch 4, 1990.
9. R.S.Carson., High-Frequency Amplifiers, 2nd ed., ibid, NewYork 1982.
10. R.Minasian., "Simplified GaAs MESFET Model to 10GHz." Electr.Lett. Vol.13 No.18 pp. 549-551, Sep.1977.
11. N.Ohakawa, "Fiber-Optic Multigigabit GaAs MIC Front-End Circuit with inductor peaking," J.of Lightwave Tech., Vol.LT-6, No.11 pp.1665-1672, March 1988.
12. F.F.Kuo, Network analysis and synthesis. 2nd ed. John Wiley and Son, Inc., 1966.
13. Super-Compact Version V.4.05 March 1990.
14. B.S.Yarman and H.J.Carlin, "A simplified Real-Frequency Technique applied to broad-band Multi-stage microwave amplifiers," IEEE Trans.Microwave theory Tech., Vol.MTT-30, No.12, pp.2216-2222 Dec.1982.
15. Multimatch V3,80 AMPSA CC. 1991.

본논문은 '91년도 한국과학재단 연구비지원에 의한 결과의 일부입니다.