

X-밴드 광대역 다단 반도체 전력 증폭기 설계 및 제작

Design and fabrication on an X-band Broadband cascaded Solid State Power Amplifier

주지한, 장성민, 최길웅, 이정석, 최진주

(광운대학교 전자공학과)

Key Words : TWT, SSPA, X-band

목 차

- I. 서론
- II. X-밴드 광대역 다단 반도체 전력 증폭기 설계 및 제작
- III. 결론 및 고찰

I. 서론

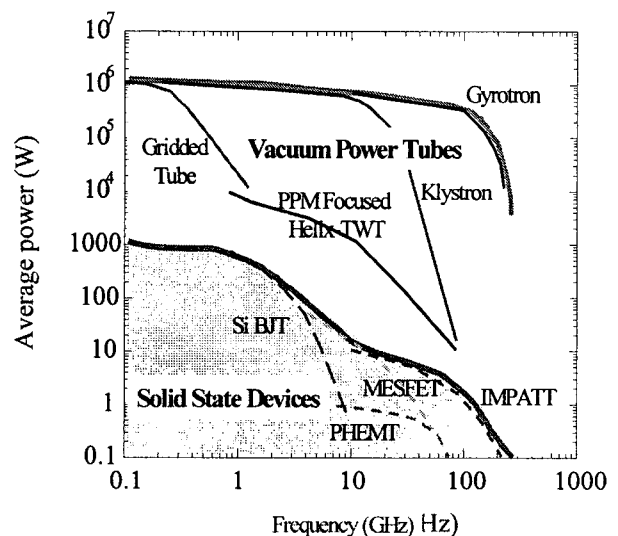
통신에 사용되는 진행파관 증폭기 (Traveling-Wave-Tube)는 초고주파 대역에서 안정된 고출력을 가지면서 광대역 특성을 가지는 전력 증폭기이다. 높은 이득과 안정된 고출력 특성을 지니므로 최종 출력 증폭 단계 주로 이용되지만 잡음 특성이나 선형성에서는 좋지 못한 단점을 가지고 있다. 또한 일반적인 TV 방송용 위성은 20-100대의 100 W급 TWTA (Traveling-Wave-Tube Amplifier)를 탑재하고 있는데, TWTA는 위성 전체 탑재 하중의 약 30 %를 차지하고 전체 소모 전력의 약 80 %를 사용한다. 따라서 TWTA의 효율을 높이고 무게를 줄이면 위성 시스템의 비용 절감을 포함한 경제적 효과가 상당히 크다.

근래에 들어 반도체 소자들이 높은 주파수에서도 높은 출력 전력을 얻을 수 있도록 만들어지고 있다. 반도체 전력 소자들은 무게가 가벼우면서도 잡음 특성이나 선형성이 기존의 TWT에 비해 우수하다. 본 논문에서는 기존의 TWT와 동일한 출력 전력과 대역폭을 가지면서도 잡음지수와 선형성을 개선할 수 있는 다단 반도체 전력 증폭기를 설계 및 제작하였다.

II. X-밴드 광대역 다단 반도체 전력 증폭기의 설계 및 제작

1. 나선형 진행파관 증폭기 (Helix TWT)

진행파관 증폭기 (TWT)는 1940년 센티미터 파장의 마이크로파대역의 주파수를 증폭하기 위한 장치로 개발되었다. 진행파관 증폭기의 증폭원리는 전위차 때문에 가속된 자유전자들이 전자파와 상호작용을 일으키면서 전자들의 운동에너지가 전자파에너지로 전환되어 증폭되는 것이다. 그림 1에서 알 수 있듯이 반도체 소자 증폭기가 점점 출력과 주파수면에서 성능을 향상 시키며 증폭기 시장을 점유하고 있지만 고주파, 고출력 면에서는 진행파관 증폭기를 비롯한 진공관 소자가 아직도 고유영역을 차지하고 있다.



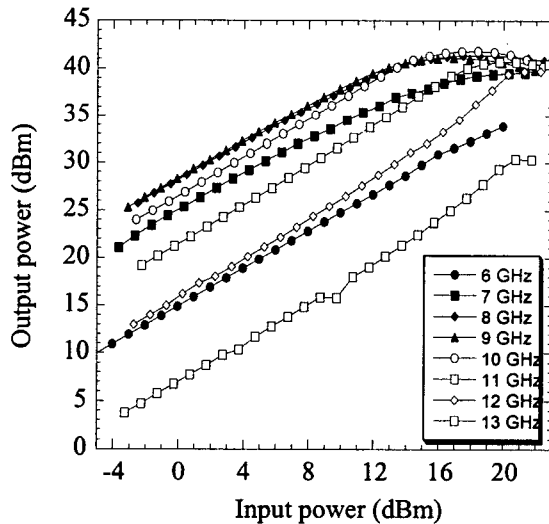
<그림 1> 진공관 소자와 반도체 소자의 주파수별 최대 출력

본 논문에서 비교할 증폭기는 X-밴드 나선형 진행파관 증폭기 (Helix TWT)로써 2002년 광운대학교 고출력 전자파 공학 연구실에서 설계된 것으로 그 특성은 아래의 표 1과 같다. 그림 2는 TWT의 구동 곡선을 나타내었다.

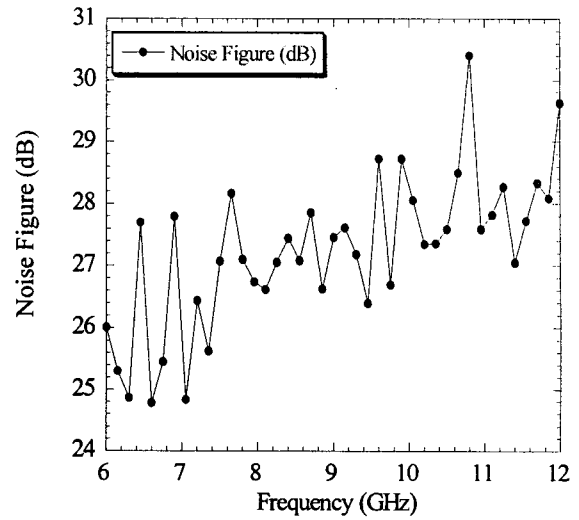
<표 1> 진행파관 증폭기의 측정 결과

Parameter	Measurement Specification
Frequency range	7 ~ 13 GHz
RF Output power	38.4 dBm (@7 GHz)
	41.2 dBm (@8 GHz)
	41.0 dBm (@9 GHz)
	41.0 dBm (@9.5 GHz)
	41.6 dBm (@10 GHz)
	39.1 dBm (@11 GHz)
	33.2 dBm (@12 GHz)
25.1 dBm (@13 GHz)	
Gain (@10 GHz)	25 dB
Noise figure	27 dB
Efficiency (with single-stage depressed collector)	21.6 %

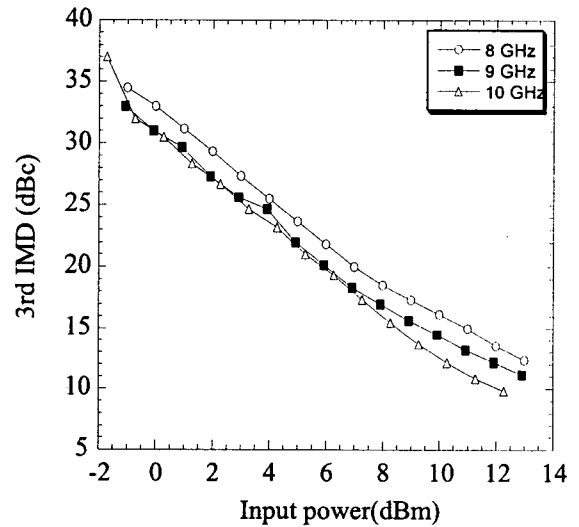
그림 3a는 측정된 TWT의 잡음 특성을 나타내었고 3b는 입력 전력에 따른 IMD 특성을 나타낸 것이다.



<그림 2> TWT의 구동 곡선



(3a)



(3b)

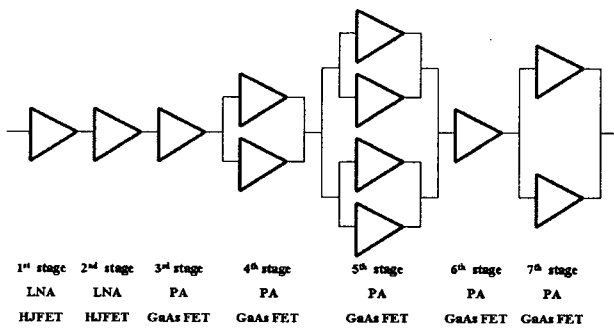
<그림 3> X-밴드 TWT의 (3a) 잡음특성 (3b) IMD 특성

2. 반도체 전력 증폭기 (Solid State Power Amplifier)

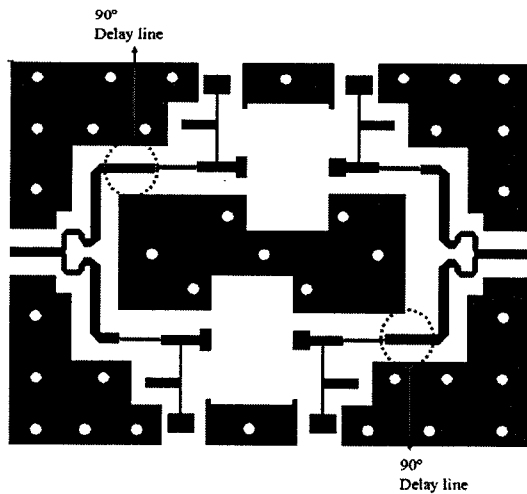
반도체 전력 증폭기는 TWT보다 선형특성이 우수하여 다중 반송파 전송시 상호변조 및 고주파 왜곡효과가 적으므로 위상전력을 효율적으로 사용할 수 있으며, 소형, 낮은 동작전압, 경량성, 긴 수명 및 용이한 유지보수하다는 장점이 있다. 반

면 높은 주파수에서는 큰 출력을 얻지 못하는 단점이 있다. 그러나 반도체 화합물과 소자에 대한 연구가 꾸준히 진행되면서 GaAs 및 AlGaAs를 이용한 반도체 소자들이 등장하였고 이들은 높은 주파수에서 1 W급 출력을 얻을 수 있었다. 최근에는 SiC, GaN의 등장으로 그 이상의 출력도 얻을 수 있게 되었다.

반도체 전력 증폭기에서 고출력을 얻기 위해서는 고가의 고출력용 트랜지스터를 필요로 하며, 또한 소자의 고출력 화에도 아직까지 많은 기술적인 어려움이 따른다. 본 논문에서는 이런 문제점을 평형 증폭 방식을 이용하여, 보다 낮은 출력을 갖는 트랜지스터를 병렬로 결합하여 고출력을 실현하였다. 또한 평형 구조에서 정제파비를 좋게 가져가기 위해 서로 90°의 위상차를 두었다. 이는 그림 5에 나타내었다.



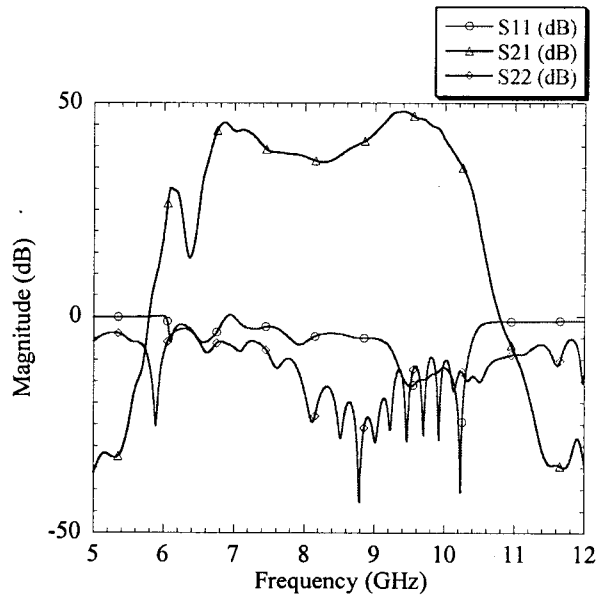
<그림 4> X-밴드 다단 증폭기의 블록도



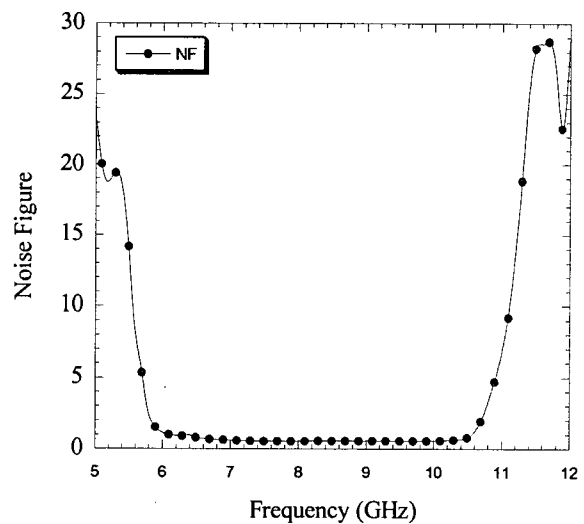
<그림 5> 평형 구조

X-밴드 다단 증폭기는 그 잡음 지수를 줄이기 위해 앞단에 2 stage LNA (Low Noise Amplifier)를 이용하였고 소자는 NEC사의 HJFET (Hetero Junction Field Effect Transistor)인 NE3210S01을 사용하였으며 NEC사에서 제공되는 소신호 정보를 기초로 하여 Agilent사의 ADS 컴퓨터 코드를 이용하여 시뮬레이션 후 제작 및 측정되었다. 3 stage부터 5 stage까지는 전력 증폭기 (Power Amplifier)로 설계되었으며

소자는 Mitsubishi사의 GaAs FET인 MGF1801을 사용하였으며 Mitsubishi사에서 제공되는 비선형 data를 기초로 하여 동일하게 시뮬레이션 후 제작 및 측정되었다. 6 stage와 7 stage는 마찬가지로 Mitsubishi사의 GaAs FET가 이용되었으며 S-Parameter data를 기초로 하여 ADS 컴퓨터 코드로 시뮬레이션 후 제작하였다. 그림 6는 1~5 stage까지를 시뮬레이션 한 결과이다.



(6a) 소신호 특성

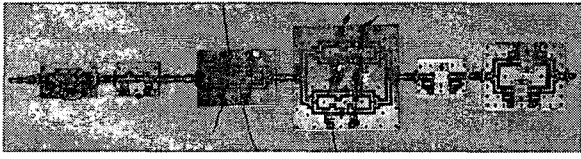


(6b)

<그림 6> X-밴드 다단 전력 증폭기의 설계
(6a) 소신호 특성 (6b) 잡음특성

현재 6 stage와 7 stage는 제작이 완료 되었으나 잡음 특성 및 선형성은 추후에 측정할 예정이다. 그림 7은 X-밴드 광대

역 다단 반도체 전력 증폭기의 제작 사진이다.



<그림 7> X-밴드 광대역 다단 반도체 전력 증폭기의 제작 사진

III. 결론 및 고찰

본 연구에서는 X-밴드 TWT와 동일한 출력 전력을 가지는 SSPA를 제작하여 선형성과 잡음특성, 이득 등을 비교하고자 하였다. 현재 simulation의 결과로는 기존의 X-밴드 TWT보다 제작된 X-밴드 SSPA가 잡음특성이 매우 좋은 것으로 나

타났다. 이외에 parameter들은 추후에 측정할 것이다.

참고문헌

1. Steve. C. Cripps, *RF Power Amplifier for Wireless Communication*, Boston, London : Artech House, 1999.
2. Steve. C. Cripps, *ADVANCED TECHNIQUES in RF Power Amplifier Design*, Boston, London : Artech House, 2002.
3. S.A Maas, *Nonlinear Microwave and RF Circuits*, Boston, London : Artech House, 2003
4. 나영호, 손민호, 주지한, 김해진, 최진주, R. Kim, "X-밴드 진행파관 증폭기 설계 및 제작," 2002년도 한국전자파학회 종합학술발표회 논문집, vol. 12, no. 1, November 2002, pp. 384-388.
5. 나영호, "X-밴드 나선형 진행파관 증폭기 설계 및 제작", 석사학위 논문, 광운대학교, 2002.