

고조파 차단 특성을 가지는 정합용 튜너와 바이어스 선로를 이용한 증폭기 설계

이진국^o, 유남식, 정희영, 정용채, *박규호

전북대학교 정보통신공학과 및 IDEC WG, *전자부품연구원

전화: (063)270-2458, 팩스: (063)270-2461

A Design of Amplifier using Harmonic Termination Matching Tuner and Harmonic Blocking Bias Line

Jin-Kuk Lee^o, Nam-Sik Ryu, Hee-Young Jeong, Yong-Chae Jeong, Kyo-Ho Park^{*}

Dept. of Information & Communication Engineering, IDEC WG, Chonbuk National Univ.,

*Korea Electronics Technology Institute, Pyoungtaek, Kyounggi, Korea.

E-mail: leejinkuk@chonbuk.ac.kr

Abstract

In this paper, a new 3dB branch line hybrid using asymmetric defected ground structure (DGS) microstrip is proposed. The proposed branch line suppresses the 2nd and the 3rd harmonic component effectively. Also a new DGS $\lambda/4$ bias line that can suppress high frequency harmonics as well as low frequency harmonic is proposed. With harmonic termination tuner using the proposed hybrid and harmonic blocking bias line, the 2nd and the 3rd harmonic components of the fabricated amplifier that operated in IMT-2000 band were suppressed up 25dB and 27dB respectively. Harmonic load-pull setup of amplifier can be easily accomplished with proposed circuits.

I. 서론

최근 높은 선형성과 효율을 얻기 위한 트랜지스터의 최적의 정합점을 쉽게 찾을 수 있는 고조파 로드-풀(load-pull) 증폭기가 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 광범위하게 사용되고 있는 능동 로드-풀 시스템은 매우 번거로워서 측정하기에 어려움이 따른다^[1].

3dB 90° 하이브리드는 결합 단자와 전송 단자의 중단 면을 단락 또는 개방시킨 스테브 길이를 조절함으로 정

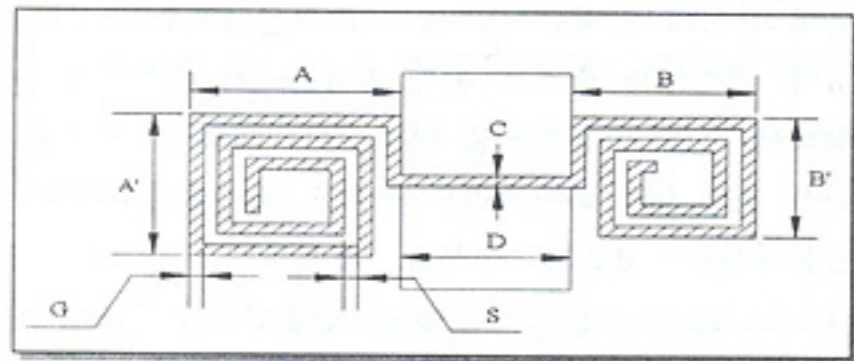
합형 튜너의 임피던스를 임의의 정합점으로 변화할 수 있다. 정합점의 측정은 동작 주파수에서 증폭기가 동작 상태에 있을 때 로드-풀 방법으로 가능하나 고조파 차단은 3dB 90° 하이브리드 특성으로는 불가능하다. 본 논문에서는 고조파 성분을 제거하기 위하여 DGS (Defected Ground Structure) 전송선로를 이용하였다. DGS는 마이크로스트립 선로의 접지 평면에 나선 모양이나 아령 모양을 식각하여 구현할 수 있다^[2]. 결합기, 여파기, 전력 증폭기를 설계할 때 전송선로의 접지면에 결합 패턴을 삽입함으로써 2차와 3차 고조파 성분을 제거할 수 있다^{[3]-[5]}. DGS를 이용한 마이크로스트립 선로는 유효 인덕턴스를 증가시켜 군속도 지연(Slow-wave) 효과도 얻을 수 있다.

본 논문에서는 3dB 90° 하이브리드에 비대칭적인 DGS를 적용하여 2차와 3차 고조파를 쉽게 차단하는 임피던스 정합용 튜너와 고조파 및 저주파 혼변조 신호를 차단 하는 $\lambda/4$ DGS 바이어스 선로를 사용함으로 증폭기를 설계하는데 고조파 로드-풀 구현을 쉽게 하였다.

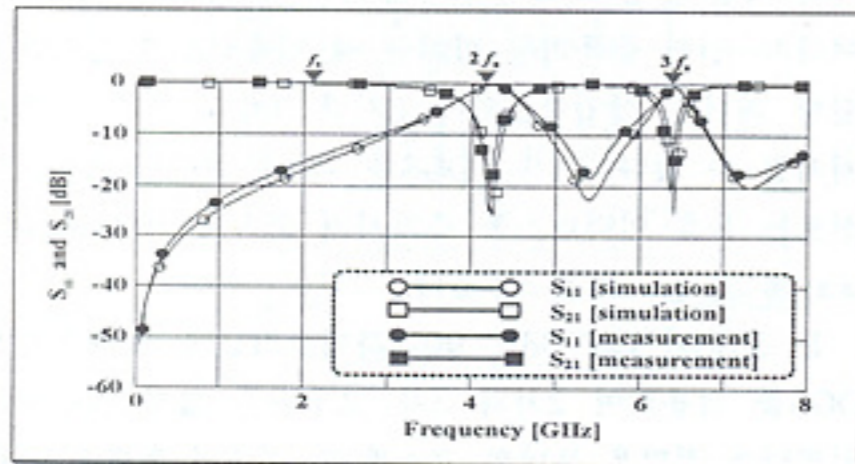
II. 고조파 차단 특성을 갖는 정합용 튜너

마이크로스트립 선로에 여러 가지 DGS 모양이 사용되고 있으나, 대체적으로 아령 모양과 나선 모양이 주

로 사용 된다. 나선 모양의 DGS는 아령 모양에 비해 주파수 차단 대역은 좁으나 pole 점이 깊고 신호의 손실이 적다. 나선 모양의 양쪽을 각각 2차, 3차 고조파 차단 특성에 맞게 설계하면 DGS 모양의 면적을 줄일 수 있다. 그림 1(a)는 나선모양의 DGS를 비대칭적으로 적용한 모양을 보여주고 있으며 DGS의 오른쪽과 왼쪽의 크기가 서로 다를 수 있다. 크기가 다른 나선모양 DGS는 각기 다른 전송특성과 반사 특성을 나타낸다. 그림 1(a)와 같은 DGS모양을 갖는 정합용 튜너를 구현하였고 DGS의 slow-wave 효과로 인해 전체 크기를 더 작게 구현할 수 있었다. 제작에 사용된 기판은 2.2의 유전율을 가지며 유전체의 두께가 31mils를 가지는 RT/duroid 5880를 사용하였고 시뮬레이션은 Ansoft 사의 HFSS를 사용하였다. 그림 1(b)는 시뮬레이션 전기적 전달 및 반사 특성을 보이고 있다.



(a)



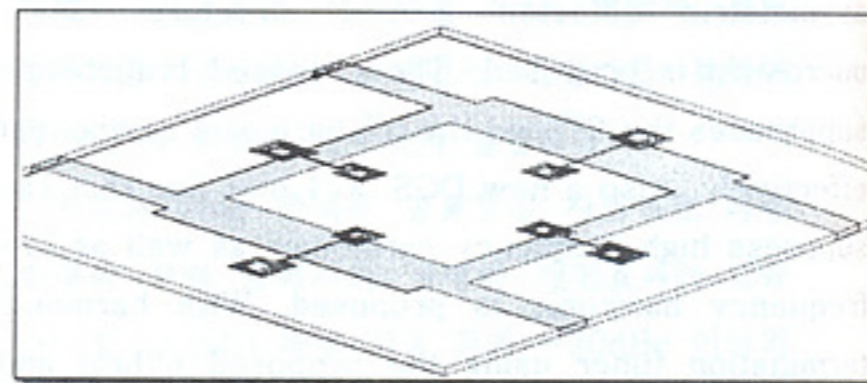
(b)

그림 1. (a) 비대칭적인 DGS 마이크로스트립 선로 (A=3mm, A' =2.6mm, B' =2.2mm C,G,S=0.2mm, D=2.4mm) (b) 전송, 반사 특성에 대한 시뮬레이션 결과와 측정결과

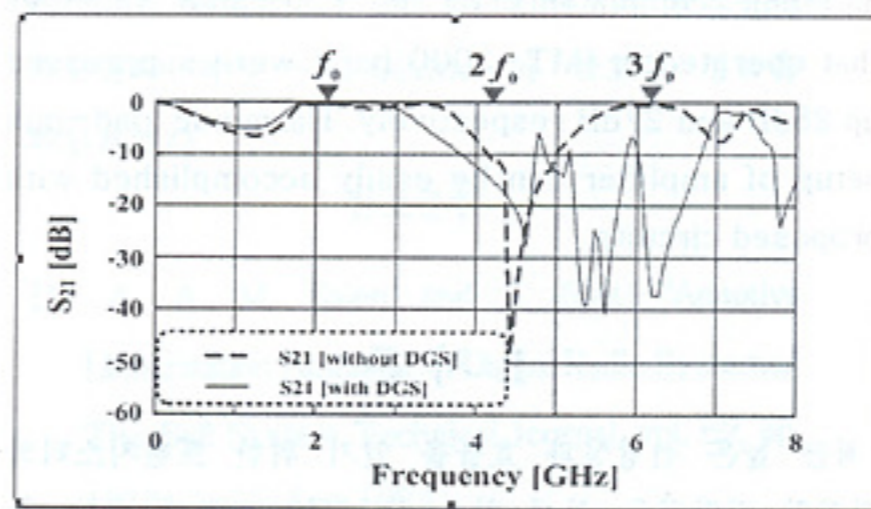
그림 2는 중심주파수가 2.14GHz로 설계된 고조파 차단 DGS 하이브리드의 전기적 특성과 기하학적 모양

을 나타낸 것이다. 전통적인 모양으로 제작된 3dB 90° 하이브리드의 결합, 전송 단자의 종단면을 개방 상태로 하였을 때 삽입 손실과 2차, 3차 고조파 전달 특성은 각각 -0.2dB, -12.2dB, -0.5dB 였고, 고조파 차단 DGS 하이브리드는 결합, 전송 단자의 종단면을 개방 상태로 하면 삽입 손실과 2차, 3차 고조파 전달 특성이 각각 -0.3dB, -15.5dB, -28.9dB 로 측정되었다. 이 결과는 중심 주파수와 2차 고조파에서는 전통적인 3dB 90° 하이브리드 특성과 본 논문에 제시된 고조파 차단 90° 하이브리드의 특성이 유사한 것을 보여준다. 그러나 본 논문에서 제안한 고조파 차단 하이브리드가 3차 고조파 대역을 효과적으로 억압하는 특성을 보이고 있다. 이는 고조파 차단 하이브리드에 사용된 DGS 마이크로스트립의 대역 차단 특성에 기인한다.

고조파 차단 3dB 90° DGS 하이브리드의 결합 및 전달 단자에 개방된 전송선로의 길이를 변화시킴으로 동작 주파수 신호는 정합을 시키면서 고조파 신호는 차단하는 임피던스 튜너를 설계할 수 있게 된다.



(a)



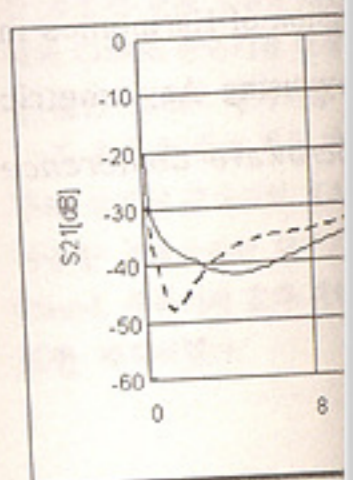
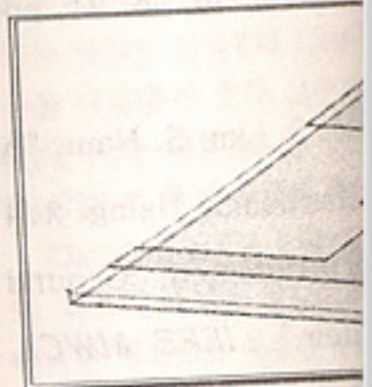
(b)

그림 2. (a) 고조파 차단 3dB 90° DGS 하이브리드 (b) 전통적인 3dB 90° 하이브리드와 고조파 차단 3dB 90° DGS 하이브리드의 측정 특성

III. 고조파 차단

일반적으로 UHF 대역에 인덕터나 칩 커패시터 또는 $\lambda/4$ 바이어스 선로를 사용 패시터로 단락된 $\lambda/4$ 바이어스 선로에 연결 되면 짝수 고조파 성분은 신호 전송 선로 RF신호를 증폭하는 증폭기 신호 외에 고조파 성분 갖게 된다. 논문에서 제시된 분과 저주파 혼변조 성분들을 증가시키고, 능동 로드

그림 3(a)는 고조파 차단하는 $\lambda/4$ 바이어스 선로 전통적인 바이어스 선로 선로의 낮은 주파수에서 LC 공진 회로를 $\lambda/4$ 바이어스 선로 LC 공진 회로가 없을 때 성을 가질 수 있다. 또한 스 선로와 논문에서 제시된 주파수 특성을 볼 수 있다. 이는 거의 유사하지만, 2차 바이어스 선로에 의해

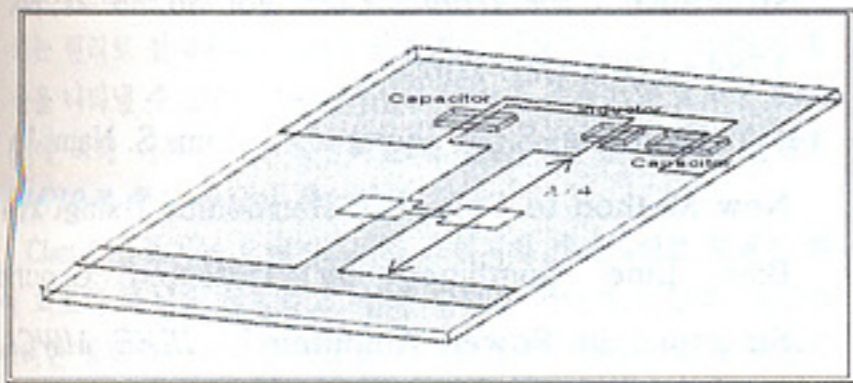


III. 고조파 차단 바이어스 회로

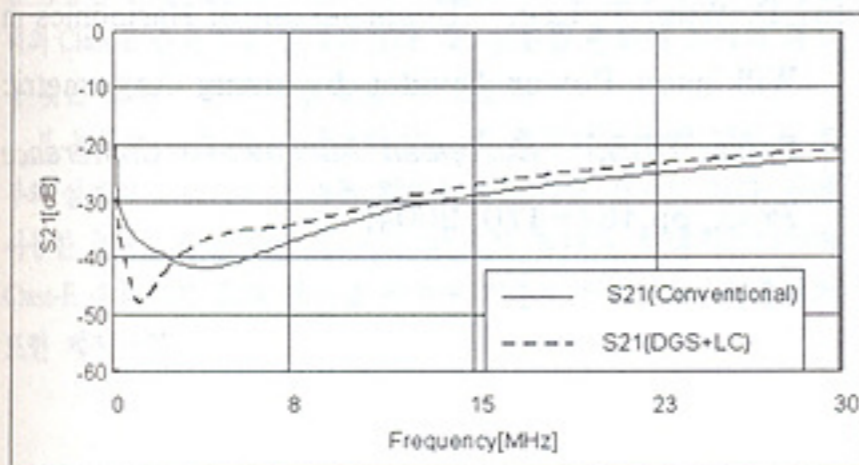
일반적으로 UHF 대역에서의 바이어스 회로로는 칩 인덕터나 칩 커패시터 또는 방사형 스텐드로 단락된 $N/4$ 바이어스 선로를 사용하는 것이 일반적이다. 칩 커패시터로 단락된 $\lambda/4$ 바이어스 라인을 신호 전송선로에 연결 되면 짝수 고조파 성분이 차단하고 홀수 고조파 성분은 신호 전송 선로를 통과하게 된다.

RF신호를 증폭하는 증폭기의 출력 단에서 증폭된 입력 신호 외에 고조파 성분과 혼변조 왜곡 신호 성분을 갖게 된다. 논문에서 제시한 바이어스 선로는 고조파 성분과 저주파 혼변조 성분들을 효과적으로 제거하여 효율을 증가시키고, 능동 로드-풀 측정이 가능하게 한다.

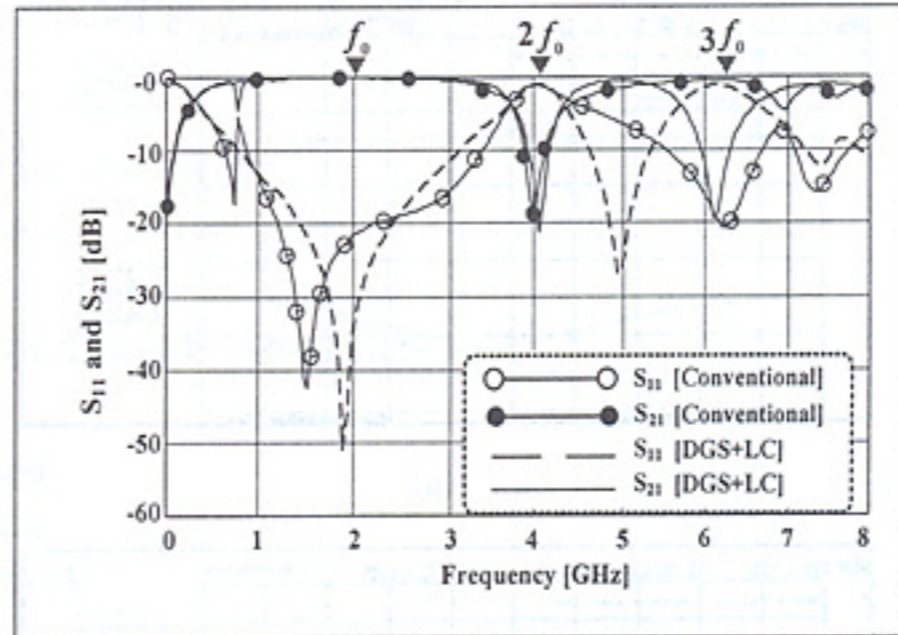
그림 3(a)는 고조파 및 저주파 혼변조 신호를 차단하는 $\lambda/4$ 바이어스 선로의 레이아웃이며, 그림 3(b)는 전통적인 바이어스 선로와 논문에서 제시된 바이어스 선로의 낮은 주파수에서 전송특성을 나타낸다. 직렬 LC 공진 회로를 $N/4$ 바이어스 선로의 패드에 삽입하여 LC 공진 회로가 없을 때 보다 더 넓은 저주파 차단 특성을 가질 수 있다. 또한 그림 3(c)는 전통적인 바이어스 선로와 논문에서 제시한 바이어스 선로의 광대역 주파수 특성을 볼 수 있다. 중심 주파수에서의 전달 특성은 거의 유사하지만, 2차 및 3차 고조파 대역은 제시된 바이어스 선로에 의해 차단되는 것을 볼 수 있다.



(a)



(b)



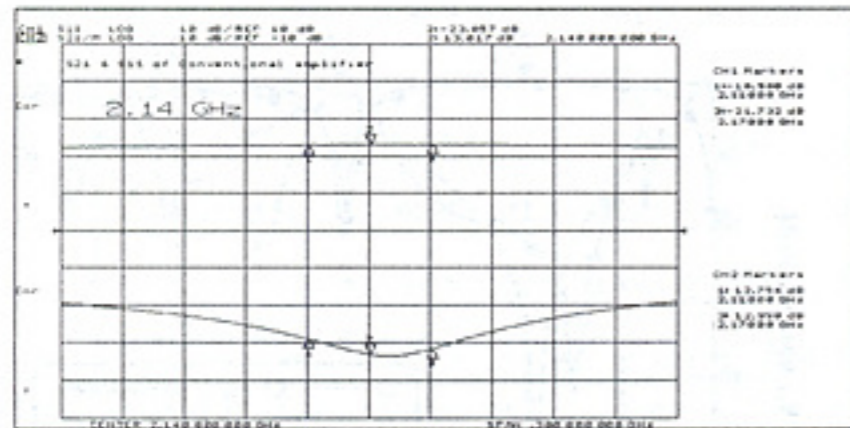
(c)

그림 3. (a) 고조파 차단 $\lambda/4$ 바이어스 선로 (b) 저주파수 대역 전송특성 (c) 광대역 전송특성

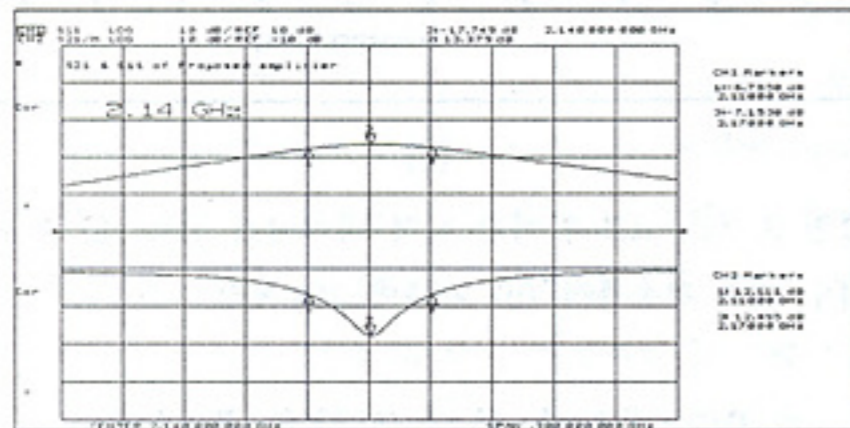
IV. 고조파 차단 정합용 튜너와

바이어스 선로를 이용한 증폭기 설계

논문에서 제안한 고조파 차단 정합용 튜너와 바이어스 선로의 타당성을 보이기 위하여 두 종류의 증폭기가 설계하여 비교하였다. 하나는 동작 주파수 대역에서 전통적으로 사용되는 정합 회로와 바이어스 선로를 이용하였고, 다른 하나는 고조파 차단 정합용 튜너와 바이어스 선로를 사용하였다. 이 회로의 동작 주파수는 $2.14 \pm 0.03\text{GHz}$ 이고 트랜지스터는 Fujitsu 사의 FLL357 ME를 사용하였다. 그림 4는 제작된 두 증폭기의 전송, 반사 특성을 나타낸 것이다. 전통적인 증폭기의 이득, 최대 반사 손실과 $P_{1\text{dB}}$ 점은 각각 $13.03 \pm 0.1\text{dB}$, -23dB , 35dBm 이었고, 제안된 회로를 사용한 증폭기는 각각 $13.38 \pm 0.07\text{dB}$, -17.75dB 그리고 34dBm 이었다. 그림 5는 두 가지의 증폭기의 중심 주파수에서의 전력과 2차, 3차 고조파 성분의 특성을 보여주고 있다. 전통적인 증폭기에서 주 신호 대비 2차와 3차 고조파 신호 레벨비는 36.40dBc , 36.26dBc 이고, 논문에서 제시된 증폭기는 61.58dBc , 63.5dBc 이다. 여기에서 두드러지게 나타나는 특성은 제안된 증폭기의 2차 3차 고조파 성분이 전통적인 증폭기에 비해 훨씬 작아 졌다는데 있다. 이것은 제안된 바이어스 선로와 정합회로가 하모닉 성분을 완전하게 차단한다는 것을 의미한다.

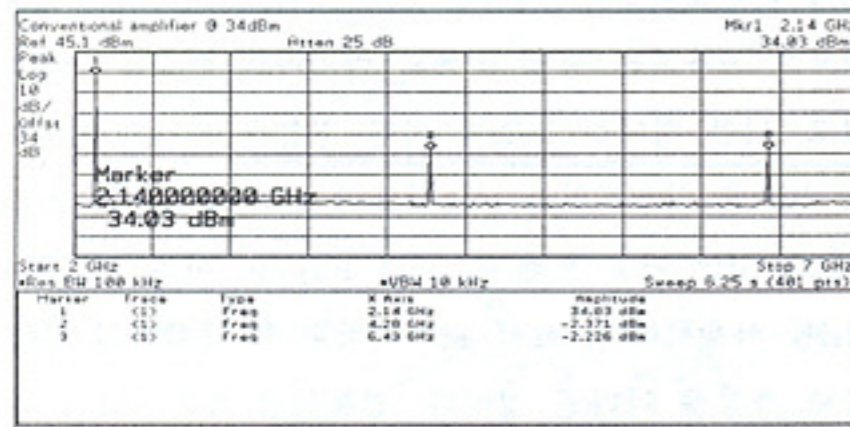


(a)

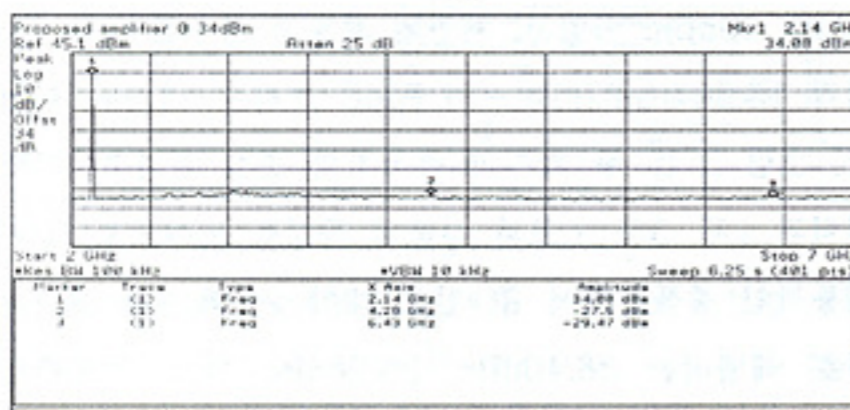


(b)

그림 4. (a) 일반적인 증폭기의 전송, 반사 특성 (b) 고조파 차단 정합용 튜너와 바이어스 선로를 이용한 증폭기의 전송, 반사 특성



(a)



(b)

그림 5. (a) 일반적인 증폭기의 고조파 특성, (b) 고조파 차단 정합용 튜너와 바이어스 선로를 이용한 증폭기의 고조파 특성

V. 결론

본 논문에서는 비대칭 나선 모양의 DGS를 이용한 고조파 차단 정합용 튜너와 고조파 차단 $\lambda/4$ 바이어스 선로를 제시하였다. 이 회로는 별도의 전기적 회로가 없어도 효과적으로 고조파 성분들을 차단할 수 있다. 증폭기 설계에 있어 이 회로를 적용하여 고조파 로드-풀 증폭기 설계를 쉽게 할 수 있다. 이러한 정합용 튜너와 바이어스 라인은 다른 고주파 회로 설계에 있어 응용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] R. B. Stancliff, D. D. Poulin, "Harmonic load-pull," *IEEE MTT-S Digest*, pp.185-187, May 1979.
- [2] C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and J. B. Lim, "A novel 1-D periodic defected ground structure for planar circuits," *IEEE Microwave Guided Wave Lett.*, vol. 10, pp.131-133, Apr. 2000.
- [3] J. S. Lim, C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn, and S. Nam, "Design of 10dB 90° branch line coupler using microstrip line with defected ground structure," *Electronics Lett.*, vol. 36, no. 21, pp. 1784-1785, Oct. 2000.
- [4] Y. C. Jeong, S. G. Jeong, J. S. Lim, S. Nam, "A New Method to Suppress Harmonics Using $\lambda/4$ Bias Line Combined by Defected Ground Structure in Power Amplifier," *IEEE MWCL*, vol. 13, no. 12, pp.538-540, Dec. 2003.
- [5] D. Woo, T. Lee, "Suppression of Harmonics in Wilkinson Power Divider by using Asymmetric Spiral DGS," *European Microwave Conference Proc.*, pp.467-470, 2004.

Abstract

Class-E amplifier is a type of efficiency approaching 100%. It is important to design Class-E amplifier which was fabricated with second harmonic output terminated amplifiers

서론

최근 무선 통신의 발달로 커지고 있다. 따라서 고효율 1970년대 Sokal 과 Sokal [1] 트랜지스터 내부의 전력 손실을 키는 원리로 설계된다. Class E 효율을 나타낼 수 있다. 고주파 [2]에 의해 이론적으로 설계 [3]-[7]으로 특성 향상이 확 Class-E 증폭기는 트랜지 여 회로의 특성을 설명하고 이러한 방법으로 복잡한 구 설명하는 것은 힘들다. 본 는 공통된 설계 방법을 기 태의 Class-E 증폭기를 설계 을 갖는 Class-E 증폭기를 본 논문은 쉽게 적용 기 부와 설계된 증폭기의 효 사용된 능동소자는 다무 Class-E 증폭기의 효과 확 또한 제작하였다.