

λ/4 DGS 바이어스 선로를 이용한 전력증폭기 설계

Power Amplifier Design using λ/4 DGS(Defected Ground Structure) Bias Line

정 시 균 · 정 용 채

Si-Gyun Jeong · Yong-Chae Jeong

요 약

본 논문에서, 기존의 λ/4 전원 전송선로의 접지면에 아령 모양의 DGS(Defected Ground Structure)를 추가한 새로운 형태의 λ/4 전원 전송선로를 제안하였다. DGS λ/4 전원 전송선로는 높은 특성 임피던스 값을 유지하면서, 기존의 전원 선로보다 폭은 더 넓어지고 길이는 더 짧아졌다. 제안된 전원 선로가 신호 전송선로에 부착되면, 2차 고조파 성분뿐만 아니라 3차 고조파 성분 역시 감쇄시킬 수 있다. 증폭기에서 고조파 감쇄 특성을 갖는다면, 효율과 선형성이 개선되어진다. 제안된 전원 선로는 IMT-2000 기지국 송신 대역 전력 증폭기에 적용하였다. 본 논문에서는 제안된 새로운 DGS 구조 λ/4 전원 선로를 이용한 전력 증폭기의 검증을 위해, DGS 시뮬레이션과 실험 결과들을 제시하였다. 실험 결과, 기존의 구조에 비해 3차 고조파 성분은 26.5 dB 감쇄되었고, 효율은 약 9.1 % 정도 향상되었으며, 3차 혼변조 왜곡 특성은 4.5 dB 개선되었다.

Abstract

In this paper, a new λ/4 bias transmission line that is added dumbbell-shaped defected ground structure(DGS) on ground plane of the conventional λ/4 bias transmission line is proposed. This DGS λ/4 bias transmission line maintains high characteristic impedance, but physical width is wider and length is shorter than that of the conventional bias line. If the proposed bias line is attached on signal transmission line, this bias line can reduce the 3rd harmonic signal as well as the 2nd harmonic signal. With harmonic reduction characteristics, efficiency and linearity of amplifier are improved. The proposed bias line is adopted in power amplifier on IMT-2000 base-station transmitting band. This paper presents several simulations and experimental results of DGS to show validity of the proposed power amplifier using the new λ/4 bias transmission line. Experimental results represent that the 3rd harmonic signal is reduced about 26.5 dB and efficiency is improved about 9.1 % and IMD3 is improved 4.5 dB than the conventional structure.

Key words : λ/4 Bias Transmission Line, Power Amplifier, DGS, IMT-2000, 3rd Harmonic

I. 서 론

최근 전송선로의 접지면에 주기적으로 식각된 패턴을 배열한 PBG(Photonic Band Gap) 구조가 마이

크로파와 밀리미터파 대역에서 소자 응용을 위해 많이 연구되어지고 있으며, 전파 지연 및 대역 저지 특성을 갖는 PBG 구조를 이용하여 고효율 증폭기, 여파기, 혼합기를 설계한 논문들이 발표되고 있다¹

「본 연구는 한국과학재단 목적 기초연구 (2000-1-30200-007-3) 지원으로 수행되었음.」

전북대학교 공과대학 전자정보공학부 및 정보통신연구센터(Division of Electronic & Information Engineering, Institute of Information & Communication, Chonbuk National University)

· 논문 번호 : 20020617-069

· 수정완료일자 : 2002년 8월 13일

¹¹⁻¹⁴⁾. 또한 요즘 접지면에 복잡한 배열 대신 단지 하나 또는 그 이상의 패턴의 결합으로 대체한 DGS(Defected Ground Structure)가 연구되어지고 있는데, 이 DGS 구조를 이용하여 방향성 결합기, 여파기, 전력증폭기를 설계한 논문들도 발표되고 있다⁵⁾⁻⁸⁾. 전송선로의 접지면에 불연속을 주는 방법을 효과적으로 사용한다면 마이크로파 회로 설계에 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

마이크로파 증폭기는 마이크로파 대역에서 신호의 증폭을 수행하는 소자로, DC 전원 전력을 신호 증폭의 에너지로 사용하며 DC 전원 회로와 RF 신호 경로 사이의 전기적 격리가 필수적인 요소이다. 보통 VHF 또는 일부 UHF 주파수 대역 소신호 증폭기의 경우 전송선로에 RF 초크 역할을 하는 칩 인덕터를 사용하기도 하지만, 일반적으로는 종단이 캐패시터로 단락된 $\lambda/4$ 전송선로를 사용하거나 방사형 스텐브(radial stub)로 단락된 $\lambda/4$ 전송선로를 사용한다^{9),10)}. 이때 신호 전송선로에 전원 전송선로의 영향을 최소화 시키려면 전원 전송선로의 특성 임피던스 값과 신호 전송선로의 특성 임피던스 값의 차이가 많을수록 좋은데, 보통 높은 임피던스 전원 전송선로를 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 대전력 증폭기는 많은 전류량을 소요하는 것이 일반적이고, 전원 전송선로에서의 전압 감쇠를 줄이기 위해 전원 전송선로의 폭을 넓게 하는데 이것은 전원 전송선로의 특성 임피던스 값을 낮추는 것과 동일하다. 따라서 대전력 증폭기에서는 신호 전송선로에 대한 전원 전송선로의 영향을 작게 하는 것이 소신호 증폭기에 비해 어렵고, 회로 안정성에 영향을 미치게 된다.

한편 마이크로파 전력증폭기의 설계에 있어서 가장 중요한 특성은 출력 전력의 크기와 효율과 선형성인데, 특정 바이어스 조건 하에서 높은 출력과 효율을 얻기 위하여 출력단에서 고조파 성분을 감쇄시키는 방법이 많이 사용된다. 캐패시터로 단락된 $\lambda/4$ 전송선로를 전원 선로로 사용하면, 짝수 고조파 신호들은 차단 효과를 갖지만 홀수 고조파 신호들은 차단 특성을 갖지 못하는 특성을 가지고 있다. 기존의 고조파 제거 방법으로는 전력 증폭기 출력단에 여파기나 PBG, DGS 구조의 전송선로를 추가한 논문들이 소개되었다^{8),11)}.

본 논문에서는 캐패시터로 단락된 $\lambda/4$ 전송선로의 접지면에 일부 식각을 하는 DGS 구조를 사용함으로써, 높은 임피던스를 가지면서 전송 선로의 폭(width)은 넓히고, 길이는 약간 줄이고, 3차 고조파 신호도 줄일 수 있는 새로운 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 제안하였다. 이 전송선로를 전력 증폭기에 적용하여 출력 전력의 증가, 효율의 증가, 3차 고조파 성분의 개선 특성을 확인할 수 있었다.

최근 PBG 및 DGS로 된 전송선로를 전력증폭기의 출력단에 부착하여 전력증폭기의 비선형성과 효율을 제시한 논문들이 발표되었는데, 본 논문은 PBG 또는 DGS 전송선로를 추가하지 않아도 되므로 회로의 크기를 줄일 수 있다. 또한 PBG를 이용한 전송선로의 경우 전송선로의 폭이 작아지므로 인해 고출력 동작 시에 문제가 발생할 것으로 예상되지만 본 논문에서 제시하는 DGS 전원 전송선로를 이용한 전력증폭기는 이러한 문제점을 극복할 수 있을 것으로 예상된다.

II. DGS를 이용한 $\lambda/4$ 높은 임피던스 바이어스 선로 설계

전송선로의 접지면 일부를 식각하면 등가적으로 직렬 인덕턴스를 증가시키는 효과를 가져오게 되고, DGS 구조를 적용하지 않은 전송선로와 같은 특성 임피던스 값을 유지하기 위해 전송선로의 폭을 넓혀야 한다. 이는 등가적으로 단락 캐패시턴스를 증가시키는 것과 동일하다. 이러한 DGS 구조를 채용한 전송선로는 대역 제거 여파기와 유사한 전달특성을 갖는다. 이때 무손실 전송선로의 전파상수(β)는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\beta = \omega_0 \sqrt{LC} \tag{1}$$

여기에서, ω_0 는 각 주파수, L 과 C 는 전송선로의 단위길이당 인덕턴스와 캐패시턴스를 나타낸다. 이러한 등가 인덕턴스와 캐패시턴스 값의 증가는 위상상수를 증가시켜 전파지연(slow-wave)효과를 일으킨다¹²⁾⁻¹⁴⁾. 따라서 DGS 구조를 적용한 전송선로는 회로의 소형 및 경량화에 기여한다. 그림 1은 기존의 마이크로스트립 전송선로와 접지면에 결합 구조를 갖는 DGS 방식 마이크로스트립 전송선로의

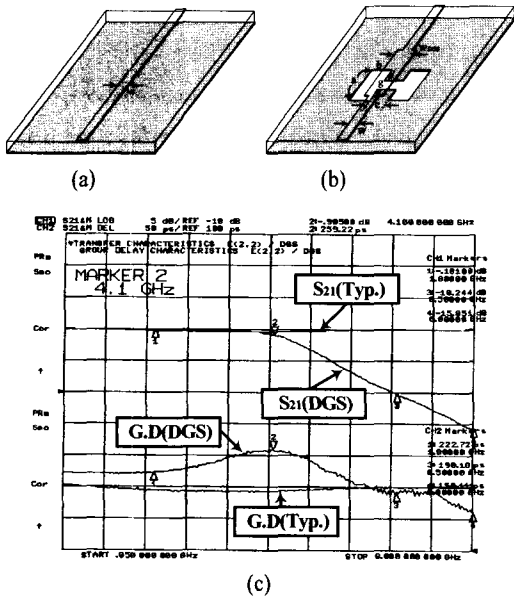


그림 1. (a) 마이크로스트립 전송선로 구조, (b) DGS 방식 마이크로스트립 전송선로 구조, (c) 전달 및 전파지연 특성 비교

Fig. 1. (a) Schematic of microstrip transmission line, (b) Schematic of DGS microstrip transmission line, (c) Comparison of transfer and group delay characteristics.

물리적 구조와 그 전기적 특성을 보여주고 있다. 시뮬레이션과 제작된 기판은 유전율이 2.2이고, 두께가 31 mil인 ROGERS사의 RT/duroid 5880이다. DGS의 각 셀의 파라미터는 $a=6$ mm, $b=1$ mm, $g=0.5$ mm이고, 기존의 50 Ω 선로 폭인 2.38 mm보다 큰 $c=4.76$ mm로 하여도 신호전송에 문제가 없으며, 동작 주파수가 커질수록 다른 전파지연 효과가 나타남을 보이고 있다.

이렇게 DGS 구조 전송선로가 갖는 전파지연 특성을 캐패시터로 단락된 $\lambda/4$ 전원 전송선로에 적용하였다. 이 전원 전송선로가 높은 특성 임피던스 값을 가지면서, 넓은 선로 폭을 갖고, 길이가 짧으며, 짝수 및 홀수 고조파 신호들을 제거할 수 있다면 전력 증폭기의 출력 전력의 크기와 효율을 향상시키는데 매우 효과적일 것이다. 그림 2는 50 Ω 신호 전송선로에 연결된 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로의 구조를 보이고 있다. 이때 DGS의 각 셀의 파라미터는 $a=6$ mm, $b=3$ mm, $g=0.5$ mm, $c=1.23$ mm이고, 전송

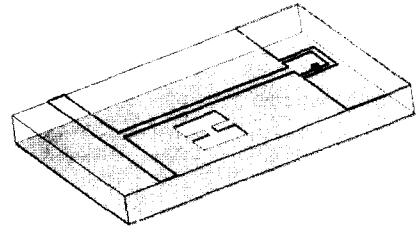


그림 2. DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로의 구조도
Fig. 2. Layout of DGS $\lambda/4$ bias transmission line.

선로의 특성 임피던스는 120 Ω 이고, 동작주파수 2.14 GHz에서 $\lambda/4$ 전송선로 폭(w)과 길이(l)는 1.23 mm, 23.8 mm이다. 만약 DGS를 사용하지 않은 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로의 경우는 $w=0.41$ mm, $l=25.1$ mm이다. 따라서 전송선로의 폭이 3배 정도 커지고 길이는 약간 감소함을 알 수 있다. 그림 3, 4는 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로와 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용했을 때 신호 전송선로의 시

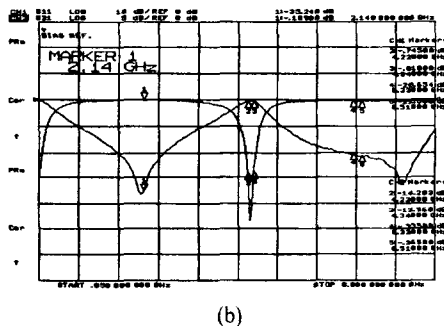
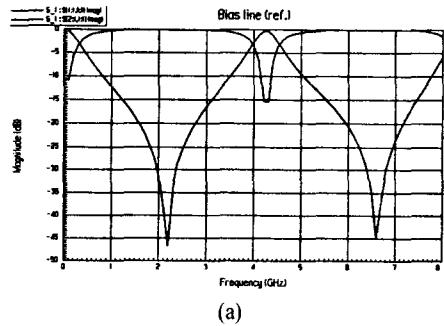
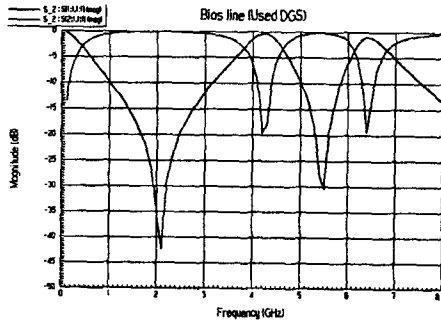
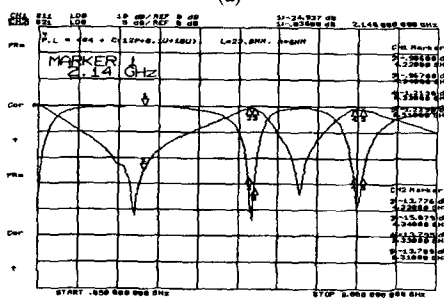


그림 3. (a) 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 신호 전송선로의 전달 및 반사 시뮬레이션 특성, (b) 제작된 신호 전송선로의 측정 결과
Fig. 3. (a) Simulation result of transmission and reflection using the conventional $\lambda/4$ bias transmission line, (b) Test result of signal transmission line.



(a)



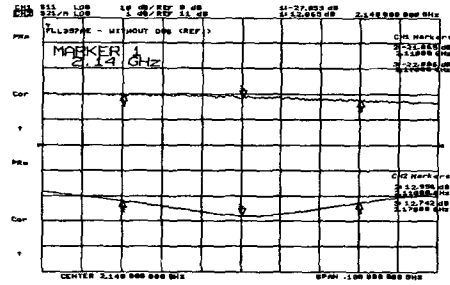
(b)

그림 4. (a) DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 신호 전송선로의 전달 및 반사 시뮬레이션 특성, (b) 제작된 신호 전송선로의 측정 결과
Fig. 4. (a) Simulation result of transmission and reflection using DGS $\lambda/4$ bias transmission line, (b) Test result of signal transmission line.

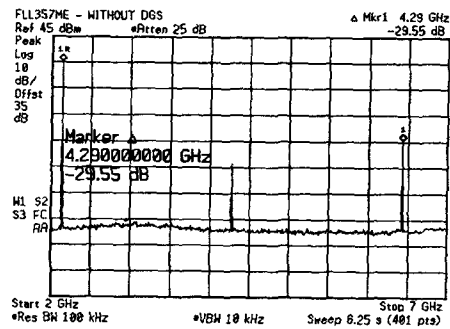
물레이션 전달 및 반사 특성과 실제 제작하여 측정 한 결과를 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과와 측정 결과는 거의 일치함을 알 수 있다. 그림 3, 4의 결과를 비교해 보면 주 신호 주파수와 2차 고조파 주파수에서의 특성은 서로 유사하나, DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로는 3차 고조파 주파수에서 약 13.7 dB 이상의 감쇄 특성을 가지고 있음을 볼 수 있다. 시뮬레이션은 Ansoft사의 HFSS 6.0을 사용하였고, 측정은 Agilent사의 8720D를 사용하였다.

III. 증폭기 제작 및 성능 개선

제안된 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로의 유용성을 보이기 위해 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 적용한 증폭기와 제안된 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 적용한 증폭기를 제작하였다. 제작된 전력 증폭기의 동작주파수는 IMT-2000 기지국 송신 주파



(a)

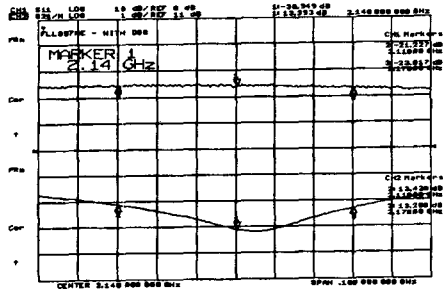


(b)

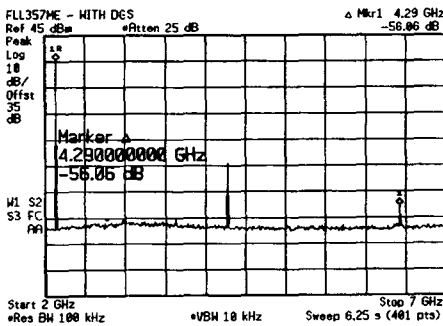
그림 5. 일반적인 $\lambda/4$ 전송선로를 이용하여 제작된 증폭기의 특성
(a) 전달 및 반사특성(S_{21} , S_{11})
(b) 고조파 특성(@ $P_0=35$ dBm)
Fig. 5. The fabricated amplifier characteristics using the conventional $\lambda/4$ bias transmission line.
(a) Transfer and reflected characteristics(S_{21} , S_{11}).
(b) Harmonic characteristics(@ $P_0=35$ dBm).

수인 2.11~2.17 GHz로 하였고, 사용된 트랜지스터는 Fujitsu사의 FLL357ME를 이용하였고 V_{DS} 는 10 V, I_{DS} 는 720 mA인 바이어스 조건의 AB급 증폭기를 제작하였다.

증폭기의 성능 개선을 보이기 위해서 전달 및 반사 특성, 고조파 제거 특성, 출력 전력, 효율, 혼변조 왜곡(IMD: Intermodulation Distortion) 특성을 비교하였다. 그림 5는 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기의 전달 및 반사특성과 고조파 특성을 보이고 있다. 제작된 증폭기의 이득은 12.8 ± 0.1 dB이고, 반사계수는 -21.8 dB 이하이며, 1 dB 압축 점(P_{1dB})은 35.33 dBm이다. 제작된 증폭기의 레벨이 35 dBm일 때의 고조파 특성을 살펴보면 주 신호와 2차 고조파 신호 레벨 차이는 39.21 dBc이



(a)



(b)

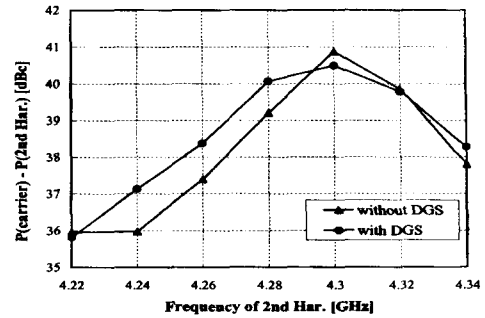
그림 6. DGS $\lambda/4$ 전송선로를 이용하여 제작된 증폭기의 특성

- (a) 전달 및 반사특성(S_{21} , S_{11})
- (b) 고조파 특성(@ $P_0=35$ dBm)

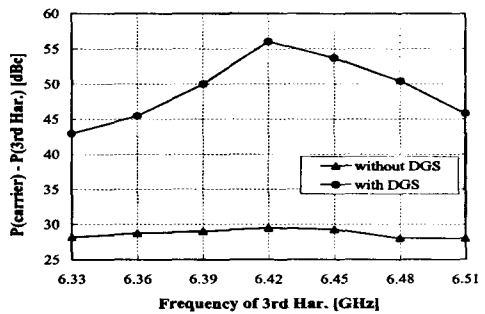
Fig. 6. The fabricated amplifier characteristics using the DGS $\lambda/4$ bias transmission line.

- (a) Transfer and reflected characteristics(S_{21} , S_{11})
- (b) Harmonic characteristics (@ $P_0=35$ dBm)

고, 주 신호와 3차 고조파 신호 레벨 차이는 29.55 dBc이다. 그림 6은 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기의 전달 및 반사특성과 고조파 특성을 보이고 있다. 제작된 증폭기의 이득은 13.35 ± 0.07 dB이고, 반사계수는 -21.2 dB 이하이며, 1 dB 압축 점(P_{1dB})은 35.78 dBm이다. 제작된 증폭기의 레벨이 35 dBm일 때의 고조파 특성을 살펴보면 주 신호와 2차 고조파 신호 레벨 차이는 40.07 dBc이고, 주 신호와 3차 고조파 신호 레벨 차이는 56.06 dBc이다. 제작된 증폭기들의 특성을 비교하면 반사 특성은 거의 유사하지만 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기보다 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기의 전달 이득이 0.5 dB 더 크고, 3차 고조파 신호는 26.51 dB 더 감쇄시킴을



(a)



(b)

그림 7. 주파수 변화에 따른 주 신호 레벨과 고조파 신호 레벨 비교

- (a) 주 신호 레벨과 2차 고조파 신호 레벨 비교
- (b) 주 신호 레벨과 3차 고조파 신호 레벨 비교

Fig. 7. Signal level difference comparison between main and harmonic signal levels due to frequency variation.

- (a) The comparison of the 2nd harmonic signal level
- (b) The comparison of the 3rd harmonic signal level

알 수 있다. 또한 출력 전력을 0.3 dB 가량 높일 수 있었다. 이는 증폭기의 3차 고조파 주파수 대역과 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로의 2차 통과 주파수 대역이 다름에 기인한다. 또한 전원 전송선로의 물리적 폭(width)을 훨씬 넓게 할 수 있어 전력증폭기의 전원 전송선로로 매우 유리함을 알 수 있다.

그림 7은 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기와 제안된 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 적용한 증폭기의 주파수에 따른 주 신호 레벨과 2차 및 3차 고조파 신호 레벨의 차이를 보인 것이다. 2차 고조파 신호 레벨은 DGS를 이용한 경우와 이용

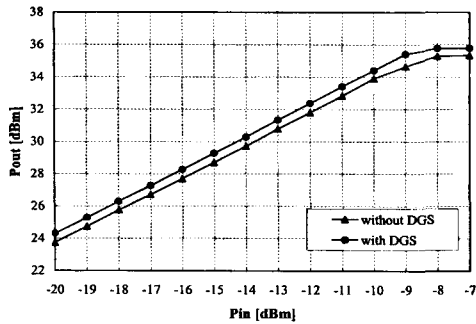


그림 8. 제작된 전력증폭기의 입출력 전력특성 비교
Fig. 8. Input/output power characteristics comparison between fabricated power amplifiers.

하지 않은 경우가 거의 차이가 없지만, 3차 고조파 신호 레벨은 전 주파수 대역에서 15 dB 이상의 감쇄 특성을 얻었으며 이 특성은 그림 4에 나타난 DGS 전원 전송선로의 2차 통과 대역 특성과 매우 유사함을 볼 수 있다.

그림 8은 중심 주파수 2.14 GHz에서 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기와 제안된 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 적용한 증폭기의 입력 전력에 따른 출력 전력을 나타내었다. DGS 바이어스 전송선로를 이용한 경우가 이용하지 않은 경우에 비해 0.57~0.76 dB 출력 증가를 얻을 수 있었다. 출력 전력의 개선은 효율의 증가로 나타나게 되는데, 그림 9에서는 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기와 제안된 DGS 구조 $\lambda/4$ 바이어스 전송선로를 적용한 증폭기의 효율(Power Added Efficiency: PAE)을 나타냈다. 그림 10에서는 제작된 증폭기간의 효율 차를 계산하여 효율 개선 정도를

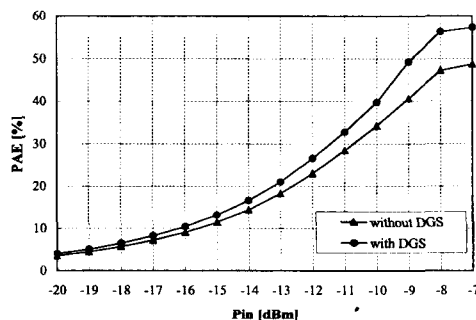


그림 9. 제작된 전력증폭기의 효율 비교
Fig. 9. PAE comparison between fabricated power amplifiers.

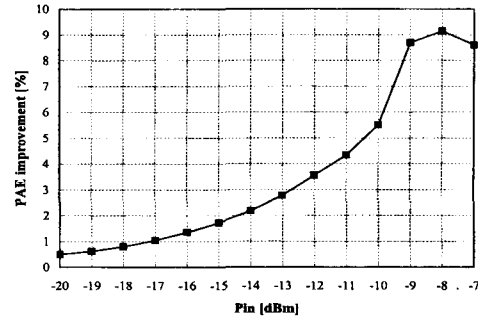


그림 10. DGS 전원 전송선로를 이용한 전력증폭기의 효율 개선량
Fig. 10. PAE improvement of power amplifier using DGS $\lambda/4$ bias transmission line.

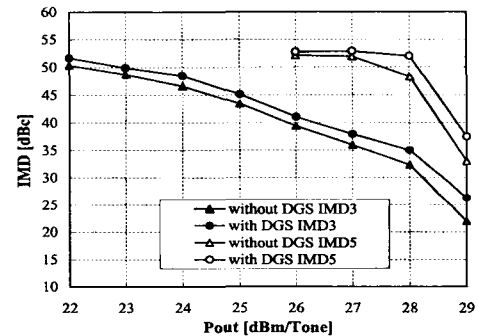


그림 11. 제작된 전력증폭기의 3차와 5차 혼변조 왜곡 특성 비교
Fig. 11. IMD characteristics comparison between fabricated power amplifiers.

나타내었는데, 입력 전력이 높아질 때 효율의 개선이 명확하게 나타나게 되며, 그 개선 정도는 0.5~9.14 %이다.

그림 11은 일반적인 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 사용한 증폭기와 제안된 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로를 적용한 증폭기에 2-tone 신호를 인가한 후 출력 전력의 변화에 따른 3차와 5차 혼변조 왜곡 정도를 측정된 것이다. 2-tone의 주파수는 2137.5, 2142.5 MHz이며 출력 전력 변화에 따라 고른 선형성 개선을 얻을 수 있었다. 톤당 출력 전력이 29 dBm일 때 3차 혼변조 왜곡 신호는 4.4 dB, 5차 혼변조 왜곡 신호는 4.5 dB 개선되었다. 그림 12에 DGS $\lambda/4$ 전원 전송선로를 이용한 전력 증폭기의 실제 제작 사진을 나타내었다.

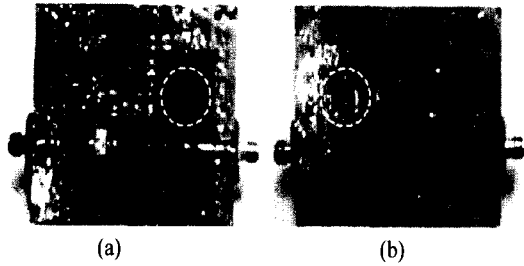


그림 12. 제작된 DGS 구조 $\lambda/4$ 전원 전송선로 전력증폭기의 사진

(a) 앞면, (b) 뒷면

Fig. 12. Photographs of the fabricated amplifier with DGS $\lambda/4$ bias transmission line.

(a) Top view, (b) Bottom view

IV. 결 론

본 논문에서는 증폭기에 사용되는 $\lambda/4$ 전원 전송선로의 접지면에 DGS를 적용한 새로운 전원 전송선로를 제안하였다. 이 선로는 높은 특성 임피던스 값을 유지하면서, 넓은 선로 폭을 갖고, 길이가 짧으며, 전파 지연 효과를 갖는다. 이 전원 전송선로를 전력증폭기에 적용하면 전력증폭기에서 발생하는 3차 고조파 신호의 주파수 대역과 전원 전송선로의 2차 통과 주파수 대역을 다르게 함으로써 전력증폭기에서 발생하는 2차 및 3차 고조파 신호를 감쇄시킬 수 있다. 따라서 증폭기 출력단에 추가의 여파기를 부착하지 않아도 고조파 신호들을 감쇄시킬 수 있는 장점이 있다.

또한 고조파 성분의 에너지가 반송파 신호 에너지로 바뀌므로 P_{1dB} 를 높이는 결과를 가져오게 되고 상대적으로 더 높은 P_{1dB} 는 더 작은 혼변조 왜곡을 일으킨다고 볼 수도 있다. 또한 정성적으로 볼 때, 전력증폭기의 입출력 전압을 power series로 표현하면 3차 혼변조를 일으키는 항과 3차 고조파를 일으키는 항은 동일하며, 3차 고조파를 줄이는 것이 3차 혼변조 성분을 줄이는 것에 기여했을 것으로 판단된다.

본 논문에서 제시된 전원 선로를 IMT-2000 기저국 송신 대역용 전력 증폭기에 적용한 결과 동작 주파수 대역에서의 반사 특성은 기존의 바이어스 선로를 사용한 전력증폭기와 유사하지만, 전달특성은 0.5 dB 증가시키면서 3차 고조파 신호는 26.5 dB 감

쇄시킬 수 있었다. 또한 1 dB 전력 압축점은 0.45 dB 증가시킬 수 있었고, 전력효율은 출력 변화에 따라 0.5~9.14 % 개선되었으며, 3차 혼변조 왜곡 특성은 4.5 dB 개선시킬 수 있었다. 앞으로 연구되어야 할 과제는 이러한 전원 선로를 다른 마이크로파 회로의 설계에 적용하는 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구의 시뮬레이션 소프트웨어를 협조해 주신 한국 Agilent Technologies사와 Ansoft Korea에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] F. R. Yang, Y. Qian, R. Coccioli and T. Itoh, "A Novel Low-Loss Slow Wave Microstrip Structure", *IEEE Microwave and Guided Wave Letters*, vol. 8, no. 11, pp. 372-374, Nov. 1998.
- [2] C. Y. Hang, V. Radisic, Y. Qian and T. Itoh, "High Efficiency Power Amplifier with Novel PBG Ground Plane for Harmonic Tuning", *IEEE MTT-S Digest*, pp. 807-810, 1999.
- [3] F. R. Yang, Y. Qian and T. Itoh, "A Novel Uniplanar Compact PBG Structure for Filter and Mixer Application", *IEEE MTT-S Digest*, pp. 919-922, 1999.
- [4] F. R. Yang, K. P. Ma, Y. Qian and T. Itoh, "A Uniplanar Compact Photonic-Bandgap (UC-PBG) Structure and Its Applications for Microwave Circuits", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 47, no. 8, pp. 1509-1514, Aug. 1999.
- [5] 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 and Guided Wave Letters*, vol. 10, no. 4, pp. 131-133, Apr. 2000.
- [6] C. S. Kim, J. S. Lim, J. S. Park, D. Ahn and S. W. Nam, "A 10dB Branch Line Coupler Using Defected Ground Structure", *European*

- Microwave Conference Digest*, pp. 68-71, 2000.
- [7] J. S. Yun, G. Y. Kim, J. S. Park, D. Ahn, K. Y. Kang and J. B. Lim, "A Design of the Novel Coupled Line Bandpass Filter Using Defected Ground Structure", *IEEE MTT-S Digest*, pp. 327-330, 2000.
- [8] J. S. Lim, H. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn and S. W. Nam, "A Power Amplifier with Efficiency Improved Using Defected Ground Structure", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 11, no. 4, pp. 170-172, Apr. 2001.
- [9] V. Radisic, Y. Qian and T. Itoh, "Novel architectures for high-efficiency amplifiers for wireless applications", *IEEE Trans. On Microwave Theory and Tech.*, vol. 46, no. 11, pp. 1901-1909, Nov. 1998.
- [10] S. C. Cripps, *RF Power Amplifiers for Wireless Communications*, Artech House, pp. 88-90, March 1999.
- [11] J. S. Lim, Y. T. Lee, H. S. Park, D. Ahn, J. H. Han, B. S. Kim and S. W. Nam, "A Study on the Improvement of the Performance of Power-Amplifiers by Defected Ground Structure", *Journal of the Korea Electromagnetic Engineering Society*, vol. 1, no. 2, pp. 146-155, Nov. 2001.
- [12] C. S. Kim, J. S. Park, D. Ahn and J. B. Lim, "A novel 1-dimensional periodic defected ground structure for planar circuit", *IEEE Microwave Guide Wave Letter*, vol. 10, no. 4, pp. 131-133, Apr. 2000.
- [13] J. I. Park, C. S. Kim, J. S. Park, Y. Qian, D. Ahn and T. Itoh, "Modeling of Photonic bandgap and its application for the low-pass filter design", *Proceeding of APMC*, pp. 331-334, Dec. 1999.
- [14] J. S. Park, J. H. Kim, J. H. Lee, S. H. Kim and S. H. Myung, "A Novel Equivalent Circuit and Modeling Method for Defected Ground Structure and Its Application to Optimization of a DGS Lowpass Filter", *Proceeding of IEEE MTT-S*, pp. 417-420, Jun. 2002.

정 시 균



2001년 2월: 전북대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2001년 3월~현재: 전북대학교 정보통신공학과 석사과정
 [주 관심분야] 초고주파 전력 증폭기 설계, DGS 구조 응용분야

정 용 채



1989년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학석사)
 1996년 8월: 서강대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 2월~1998년 2월: 삼성전자 정보통신본부 선임연구원
 1998년 3월~현재: 전북대학교 전자정보공학부 조교수, 전북대학교 정보통신연구소 연구원
 [주 관심분야] RF 및 Microwave 회로 해석 및 설계