

# 3-dB Coupler Tuner를 이용한 초고주파 발진기의 출력 정합회로 설계에 관한 연구

## A Study on the Design of Microwave Oscillator Output Matching Circuit Using 3-dB Coupler Tuner

이석기\* · 오재석\*\* · 이영순\* · 김병철\*

Suk-Gee Lee\* · Jae-Suk Oh\*\* · Young-Soon Lee\* · Byung-Chul Kim\*

### 요 약

일반적으로 발진기 설계에서 출력에 가장 큰 영향을 미치는 부분이 출력단 정합부인데 기존의 출력단 정합 방법은 스미스차트의 무한대 임피던스 근방에서 정합회로를 설계해야 하므로 최적의 출력 정합회로를 구현해 주기가 어렵다. 본 논문에서는 초고주파 발진기를 설계하는데 있어서 보다 쉽게 최대 발진출력을 얻기 위한 출력단 정합방법에 관하여 연구하였다.

출력단이 정합되지 않은 발진기에 3-dB Coupler Tuner를 연결하고 발진기가 동작하고 있는 상태에서 Tuner의 가변 단락회로를 조정하여 최대출력이 나오는 지점을 확인하고, Tuner의 S-파라미터를 측정한 후 이를 마이크로스트립으로 구현하는 방법을 이용하여 최대 발진출력이 나오는 발진기를 쉽게 설계 제작할 수 있었다.

본 논문에서 제안한 방법으로 설계 제작한 발진기 출력과 기존 정합방법에 의한 발진기 출력을 비교해 보면, 기존의 정합방법에 의한 발진기 출력은 발진주파수 1.0338 GHz에서 6.45 dBm을 나타내었고, 본 논문에서 제시한 방법으로 제작된 발진기의 출력은 9.71 dBm으로 기존의 정합방법에 의한 발진기 출력보다 3.26 dBm 높은 출력을 나타내었다.

### Abstract

Generally, the output matching circuit has the most influence to the output power of oscillator and existing method for output matching has difficulty for making the optimum output matching circuit because the matching has to be done nearby the infinite impedance area of the Smith Chart. In this paper, it is studied for the output matching circuit of the microwave oscillator to get the maximum output power. The maximum output point can be found by adjusting the position of moving short in the Tuner while the oscillator is operating after connect the 3-dB coupler Tuner to the oscillator without output matching circuit. To design the oscillator for the maximum output power can be done easily with the microstrip line which is realized from the measured S-parameters of Tuner. In compare the oscillator by the existing method with another one by the suggested method in this paper, the first one

\*금오공과대학교 전자공학부(Kumoh National University of Technology)

\*\*구미기능대학 정보통신학과(Kumi Polytechnical College)

· 논문 번호 : 971025-076

· 수정완료일자 : 1998년 2월 25일

has 6.45 dBm output power and second one has 9.71 dBm which is 3.26 dBm higher than the first one at the oscillation frequency 1.0338 GHz.

### I. 서 론

모든 초고주파 시스템에서 신호의 IF 변환이나 RF 변·복조시 필요한 표준 주파수를 제공하기 위해 사용되는 초고주파 발진기는 DC전력을 RF전력으로 변환하는 장치로서 공진회로와 능동소자로 이루어져 있다. 이러한 초고주파 발진기 설계방법에는 여러 가지가 있으나, 일반적으로 많이 사용하는 방법은 트랜지스터를 이용한 발진기로, 부성저항이나 YIG<sup>[1]</sup>, 유전체 공진기<sup>[2]</sup> 등을 이용하여 발진이 되도록 공진 회로를 설계하고, 출력단은 공진회로의 반사계수  $\Gamma_S$ 로부터 구해진  $\Gamma_L$ 을 스미스차트상에서 50  $\Omega$ 에 정합시켜 마이크로스트립 선로로 구현한다<sup>[3]~[5]</sup>. 그러나 기존의 이러한 출력단 정합방법은  $\Gamma_L$ 을 스미스차트상에서 정합시킬 때  $\Gamma_S$ 의 크기가 1인 관계로 이로부터 산출되는  $\Gamma_L$ 이 임피던스 무한대 부근에서 정합되는 경우가 많아 정합회로 설계시 미세한 오차가 출력단 정합에 큰 영향을 미치게 되어 설계값과 결과값이 달라지고 최대출력을 얻기가 어렵다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해소하기 위해 우선 출력단 정합을 전혀 안하고 트랜지스터와 공진 회로만으로 구성된 발진기의 출력단에 3-dB Coupler Tuner를 연결하고 스펙트럼 분석기에 연결한 후 3-dB Coupler Tuner의 가변단락선로를 조정하여 최대 출력이 나오는 위치를 찾는다. 그 후 3-dB Coupler Tuner만을 백터 회로망 분석기에 연결하여 S-파라미터를 측정하고 이를 마이크로스트립 선로로 구현하여 최대출력을 갖는 발진기를 설계 제작하고자 한다.

본 논문에서 제안한 3-dB Coupler Tuner를 사용하면 발진기의 설계, 제작시 정합회로의 설계나 시뮬레이션 과정을 거치지 않고 바로 설계, 제작할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서 편의상 기존의

정합방법에 의한 발진기를 이후부터는 스테브 정합 발진기라 부른다.

### II. 스테브 정합 발진기의 출력단 정합이론

그림 1은 2단자망 발진기의 블록도로서 공진회로와 출력 정합회로로 구분되며, 공진회로는 발진 주파수를 결정하고, 출력 정합회로는 발진신호를 반사없이 최대한으로 출력단에 전달하는 역할을 한다.

그림 1에서  $Z_L$ 은 디바이스에서 출력 정합회로를 바라본 임피던스이고,  $Z_S$ 는 공진 회로를 바라본 임피던스이다. 또한  $Z_{IN}$ 은 공진 회로에서 디바이스를,  $Z_{OUT}$ 은 출력 정합회로에서 디바이스를 바라본 임피던스이다.  $\Gamma_{IN}$ 은 디바이스의 입력 반사계수고,  $\Gamma_S$ 는 공진회로의 반사계수로 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_L}{1-S_{22}\Gamma_L} = \Gamma_S^* \quad (1)$$

$\Gamma_{OUT}$ 은 디바이스의 출력 반사계수고,  $\Gamma_L$ 은 출력 정합회로의 반사계수며 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\Gamma_{OUT} = S_{22} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_S}{1-S_{11}\Gamma_S} = \Gamma_L^* \quad (2)$$

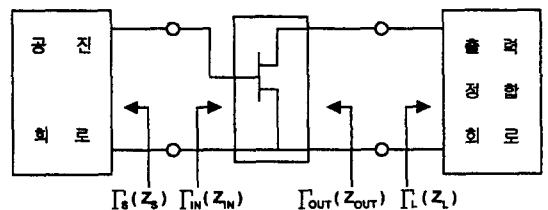


그림 1. 2단자망 발진기 블록도  
Fig. 1. Block Diagram of Two-Port Oscillator.

식 (1) 및 (2)에서  $\Gamma_{IN} \Gamma_S=1$ ,  $\Gamma_{OUT} \Gamma_L=1$ 의 관계를 이용하면  $\Gamma_S$  및  $\Gamma_L$ 를 식 (3) 및 (4)와 같이 구할 수 있다.

$$\Gamma_S = \frac{1 - S_{11} \Gamma_L}{S_{22} - \Delta \Gamma_L} \quad (3)$$

$$\Gamma_L = \frac{1}{\Gamma_{IN}} = \frac{1 - S_{22} \Gamma_S}{S_{11} - \Delta \Gamma_S} \quad (4)$$

여기에서  $\Delta = S_{11} S_{22} - S_{12} S_{21}$  이다.

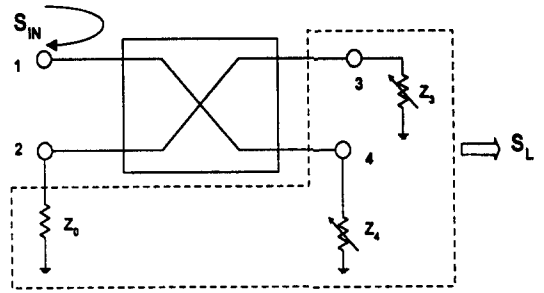
식 (4)를 이용하여 구한  $\Gamma_L$ 를 스미스차트상에서 50 Ω에 정합시켜 출력 정합회로를 구현한다<sup>[6]</sup>.

### III. 3-dB Coupler Tuner를 이용한 출력단 정합 이론

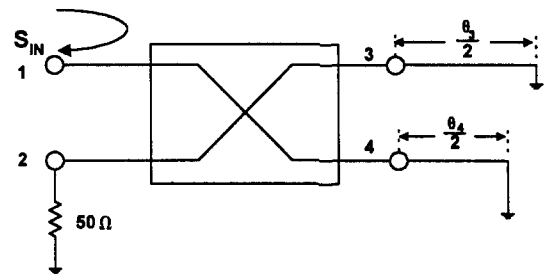
3-dB Coupler Tuner를 이용하여 발진기의 출력단 정합회로를 설계하는 방법은 스텐브 정합 발진기의 출력 정합회로를 없애고, 대신 3-dB Coupler Tuner를 연결하여 발진출력이 최대가 되도록 조정한다. 조정된 3-dB Coupler Tuner를 다시 분리하여 벡터 회로망 분석기로 S-파라미터를 측정하고, 이렇게 측정된 S-파라미터의  $\Gamma^*_L$ 를 구하여 스미스차트상에서 50 Ω에 정합시켜 발진기의 출력 정합회로를 설계한다. 이와 같은 발진기의 정합회로에 사용되는 Tuner에 대해 그림 2를 이용해서 설명하고자 한다.

그림 (a)는 3-dB Coupler Tuner의 입력단 반사계수  $S_{IN}$ 을 구하기 위해 방향성 결합기의 전송단과 결합단에 임의의 임피던스  $Z_3$ 와  $Z_4$ 를 연결한 것이고, 그림 (b)는  $Z_3$ 와  $Z_4$  대신에 전기적 길이가  $\theta_3$ 와  $\theta_4$ 인 가변 단락선로를 연결하여 도시한 것이다.

그림 (a)의 1-Port에서 반사계수  $S_{IN}$ 은 일반적인 식 (5)에 의해서 구해지고, 식 (5)를 풀기 위해 필요한 Load 회로의 매트릭스  $S_L$ 은 그림 2(a)에서 구해지며, 방향성 결합기의 S-파라미터는 이미 잘



(a) 임의의 임피던스가 포함된 방향성 결합기  
(a) Directional Coupler with Unknown Impedance.



(b) Variable Short Line이 포함된 방향성 결합기  
(b) Directional Coupler with Variable Short Line.

그림 2. 3-dB 결합 조정기

Fig. 2. 3-dB Coupler Tuner.

알고 있는 방향성 결합기의 S-매트릭스를 분할하므로써 구해지며, 이를 이용해서 구한  $S_{IN}$ 은 식 (6)과 같다.

$$S_{IN} = S_{11} + S_{12}(U - S_L S_{22})^{-1} S_L S_{21} \quad (5)$$

$$S_{IN} = \Gamma_3 - C^2(\Gamma_3 + \Gamma_4) \quad (6)$$

여기에서 사용한 방향성 결합기가 3-dB Branch Line Hybrid이므로 결합계수  $C = 1/\sqrt{2}$ 이고, 식 (6)의  $S_{IN} = 1/2(\Gamma_3 - \Gamma_4)$ 가 된다. 또한 그림(b)처럼  $Z_3$ 와  $Z_4$  대신에 전기적 길이가  $\theta_3$ 와  $\theta_4$ 인 가변 단락선로를 연결하면  $S_{IN}$ 은 식 (7)과 같이 표현된다.



그림 3. 3-dB Coupler Tuner의 실물  
Fig. 3. A Photograph of 3-dB Coupler Tuner.

$$S_{IN} = -\frac{1}{2} (e^{-j\theta_3} - e^{-j\theta_4}) \quad (7)$$

식 (7)로부터 단락선로의 길이, 즉  $\theta_3, \theta_4$ 를 조정하면 스미스차트상의 모든 점에 대한 반사 계수를 구현할 수 있고, 이 반사계수는 임피던스를 의미한다<sup>[7]~[9]</sup>.

이와 같은 이론을 바탕으로 3-dB Branch Line Hybrid와 Unscreened Slab Line 봉의 굵기와 접지면 사이의 간격에 따른 특성 임피던스 곡선<sup>[10]</sup>.<sup>[11]</sup> 이용한 50 Ω 가변 단락선로를 제작 연결하여 3-dB Coupler Tuner를 구성하였으며 제작된 실물을 그림 3에 보였다.

#### IV. 발진기 설계 및 실험

##### 4-1 스텐브 정합 발진기

H.P사의 ATF-21186 GaAs FET의 bias조건  $V_{ds}=2$  V,  $I_d=20$  mA에서 1 GHz의 S-파라미터는  $S_{11}=0.91\angle -64^\circ$ ,  $S_{21}=3.78\angle 132^\circ$ ,  $S_{12}=0.087\angle 54^\circ$ ,  $S_{22}=0.30\angle -69^\circ$ 의 값을 나타내었다.

$$K = \frac{1 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2 + |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}|^2}{2|S_{12}S_{21}|} \quad (8)$$

$$R_s = \frac{|S_{12}S_{21}|}{|S_{11}|^2 - |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}|^2} \quad (9)$$

$$C_s = \frac{S_{22} - |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}|^2 S_{11}^*}{|S_{11}|^2 - |S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}|^2}$$

식 (8)을 사용하여 안정계수 K값을 산출한 결과 0.196( $K < 1$ )이었다. 따라서 이 FET는 조건부 안정임을 알 수 있다. 식 (9)를 이용한 입력단 안정도원을 구한 결과  $R_s=0.4211$ 이고,  $C_s=1.15871\angle 68.1^\circ$ 이었다. 이를 이용하여 스미스차트상에 안정도원을 그린 후 불안정 영역에서 부성저항이 가장 큰  $\Gamma_S = 1\angle 68^\circ$ 인 점을 선택하여 스미스차트상에서 부하방향으로 임피던스 무한대인 점까지의 전기적 길이를 구해 50 Ω 마이크로스트립라인으로 구현하여 공진 회로를 구성하였으며, 이 때의 공진선로의 전기적 길이는  $0.4055 \lambda_{eff}$ 였고, 부성저항  $Z_{IN} = -1.00886 - j0.6524$ 이었다. 이렇게 선택한  $\Gamma_S$ 를 식 (4)에 대입하여  $\Gamma_L$ 을 구한 결과  $0.643\angle 109^\circ$ 였고, 이 때의 임피던스  $Z_L = 0.3363 + j0.6524$ 가 되었다. 이 점을 스미스차트상에서 50 Ω에 정합시켜 전기적 길이가  $0.1705 \lambda_{eff}$ 인 직렬 스텐브와  $0.161 \lambda_{eff}$ 인 병렬 스텐브로 출력 정합회로를 구현하였다<sup>[12]</sup>.

이렇게 설계된 발진기의 제작된 실물 사진은 그림 4와 같고 Spectrum Analyzer HP-8593E로 발진출력을 측정한 결과, 그림 5와 같이 1.0338 GHz에서 6.45 dBm의 발진출력을 얻었다.

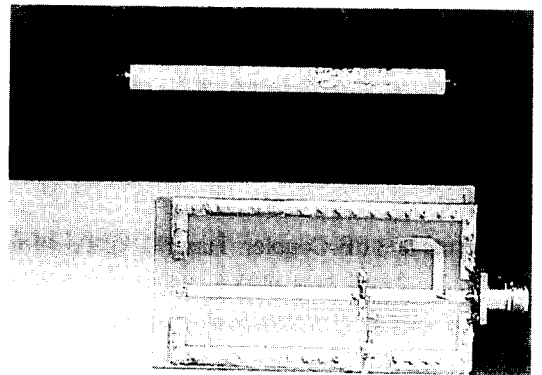


그림 4. 스텐브 정합 발진기의 실물 사진  
Fig. 4. A Photograph of Stub Matching Oscillator.

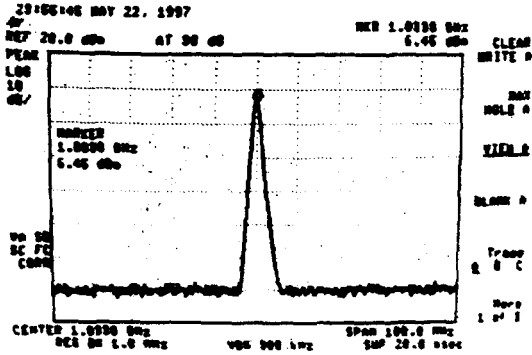


그림 5. 발진기 출력 스펙트럼  
Fig. 5. Output Spectrum of Oscillator.

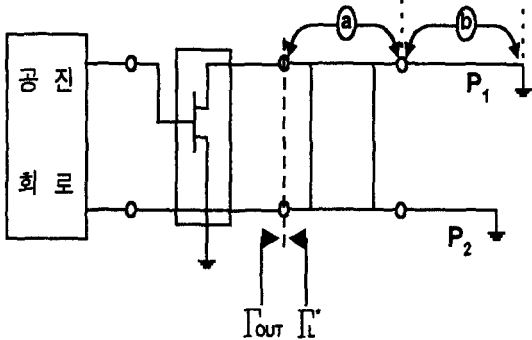


그림 6. 3-dB Coupler Tuner 포함된 발진기  
Fig. 6. Oscillator with 3-dB Coupler Tuner.

4-2 3-dB Coupler Tuner를 이용한 발진기

그림 6은 3-dB Coupler Tuner가 연결된 발진기를 도시한 것이다.

그림 6에서 ㉔와 ㉕부분이 3-dB Coupler Tuner인데 여기서 ㉔부분은 3-dB Branch Line Hybrid를 나타낸 것이며 제작결과 그림 7과 같이  $S_{21}$  및  $S_{31}$ 이 정확한  $-3$  dB는 아니지만 각각  $3.3425$  dB와  $3.27$  dB의 출력 특성을 얻어 방향성 결합기로써 사용 가능하였다.

3장에서 제시한 방법과 같이 스테브 정합 발진기에서 출력단을 없애고 그림 4와 같은 3-dB Coupler

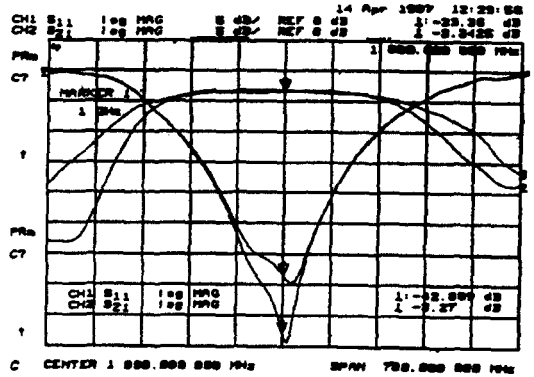


그림 7. 3-dB Branch Line Hybrid의 출력  
Fig. 7. Output of 3-dB Branch Line Hybrid.

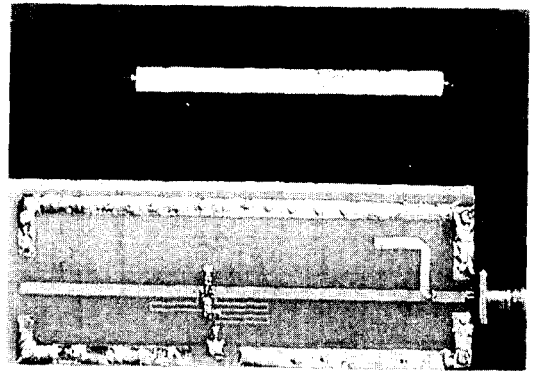


그림 8. 3-dB Coupler Tuner에 의한 발진기의 실물 사진  
Fig. 8. A Photograph of Oscillator Circuit by 3-dB Coupler Tuner.

pler Tuner를 연결하여 발진출력이 최대가 되도록 moving short, 즉  $P_1$ 과  $P_2$ 를 조정한다. 조정 결과  $P_1=12.4$  cm,  $P_2=22.2$  cm일 때 최대 출력  $8.83$  dBm을 얻었으며, 다시 3-dB Coupler Tuner를 분리하여 벡터 회로망 분석기로 S-파라미터를 측정할 결과  $S_{11}=0.79\angle -195.99^\circ$   $S_{21}=0.325\angle -127.1^\circ$ 를 얻었다. 이렇게 측정된 S-파라미터의  $\Gamma_{in}$ 를 구하여 스미스차트상에서  $50 \Omega$ 에 정합시킨 결과 스테브 정합 발진기에 비해 전기적 길이가  $0.16962 \lambda_{eff}$  짧아

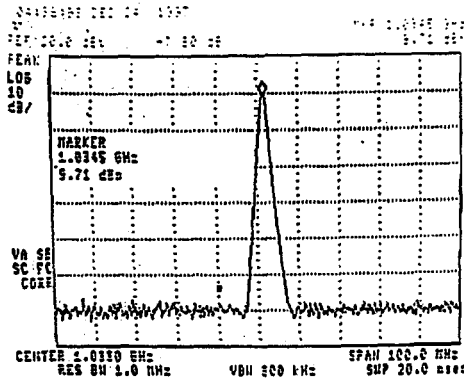


그림 9. 발진기 출력 스펙트럼  
Fig. 9. Output Spectrum of Oscillator.

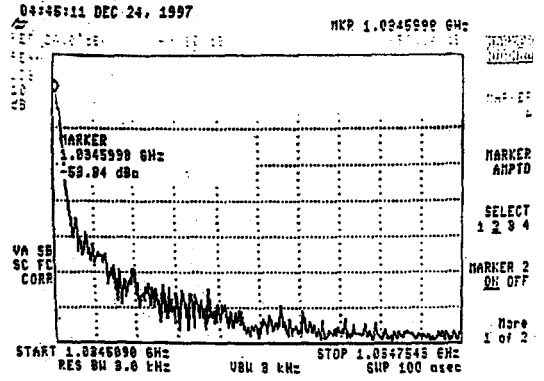


그림 11. 기본 주파수의 위상잡음 특성  
Fig. 11. Phase noise characteristic of Fundamental frequency.

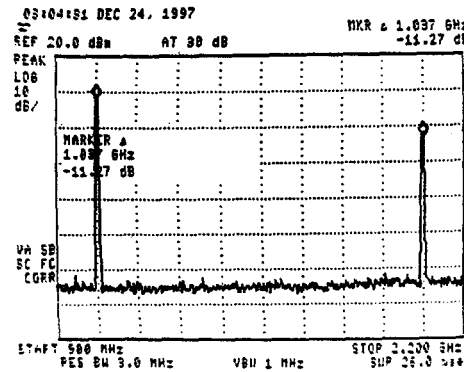


그림 10. 발진기의 제 2 고조파 특성  
Fig. 10. 2nd Harmonics characteristic of Oscillator.

표 1. 기본 주파수의 위상잡음 측정  
Table 1. Phase noise of Fundamental frequency.

Offset 주파수	50 KHz	100 KHz	200 KHz	300 KHz
SSB 위상잡음 (dBc /Hz)	-81.54	-91.13	-99.43	-121.89

정한 결과 그림 10과 같이 제2고조파는 2.0715 GHz에서 -1.46 dBm 값을 출력하여 기본과 성분은 -11.27 dBc의 양호한 억압특성을 나타내었다. 그리고 측정된 SSB 위상잡음은 그림 11과 표 1에 제시하였다. 위상잡음은 100 KHz 편이(offset)주파수에서 -91.13 dBc/Hz 값을 가지며, 이는 IESS(Intelsat Earth Station Standard) 308에서 요구하는 -90 dBc/Hz보다 양호한 결과였다.

### V. 결 론

2장 및 3장의 이론을 이용하여 스테르브 정합 발진기와 3-dB Coupler Tuner를 이용한 발진기를 제작하고 발진 출력을 측정한 결과 3-dB Coupler Tuner를 이용한 발진기가 3.26 dBm 높은 9.71 dBm과 -11.27 dBc의 제2고조파 억압특성 및 주

진 0.00488  $\lambda_{eff}$ 의 직렬 스테르브와 0.0464  $\lambda_{eff}$  길어진 0.20224  $\lambda_{eff}$ 의 병렬 스테르브로 출력 정합 회로를 구현되었으며, 설계한 발진기의 제작된 실물 사진은 그림 8과 같고, 스펙트럼 분석기 HP-8593E로 발진 출력을 측정한 결과 그림 9와 같이 1.0345 GHz에서 기존 스테르브 정합 발진기보다 3.26 dB 높은 9.71 dBm의 발진 출력을 얻었는데 Tuner가 연결된 상태의 최대출력 8.83 dBm과 차이가 있는 것은 Coupler와 가변 단락선로의 삽입손실 때문인 것으로 생각된다. 또한  $2f_0$ 에서의 harmonic 특성을 측

파수 편이 100 KHz에서  $-91.13$  dBc/Hz의 양호한 위상잡음 특성을 얻었다. 주파수 안정도 측정은 안정한 전원공급기 및 실험환경(일정한 온도, 완벽한 접지 및 완전 차폐된 전자파 환경)이 매우 중요한데 본 실험실의 경우 위의 조건을 만족할 수 있는 환경이 되지 않고, 본 논문의 주목적을 확인하는데도 직접적인 영향을 주는 부분이 아니기 때문에 생략한다.

본 논문에서 제안한 3-dB Coupler Tuner를 이용한 발진기의 발진출력이 스테브 정합 발진기에 비해 높은 것은 디바이스에 전원이 인가되어 발진기로 정상 동작하고 있는 상태에서 3-dB Coupler Tuner를 이용하여 출력단을 정합시킨 결과이며, 이는 서두에서 제기한 오차 유발 요소를 본 논문에서 제안한 정합방법을 이용할 경우 최소화 할 수 있음을 의미한다. 그런데 직렬 스테브의 길이가 기존의 발진기보다 훨씬 긴 것은 실제 길이가  $50 \Omega$  마이크로스트립 선로의 폭보다 짧아서 병렬 스테브를 연결할 수 있도록  $\lambda/2$ 의 길이를 추가했기 때문이다.

또한 부피가 큰 Tuner를 사용함에 따른 번거로움과 제작된 3-dB Coupler Tuner가 삽입손실(Coupler : 0.3 dB, 가변 단락선로 : 0.6 dB)을 갖고 있어서 스미스차트의 모든 점에 대한 임피던스를 구현하지 못하고 스미스차트상의 반사계수 1인 원의 약간 안쪽까지만 구현하는 문제점이 있다.

그러나 Tuner를 사용하는 목적은 최대 출력이 나오는 정합 점을 찾는 것이기 때문에 실제로 발진기나 증폭기를 설계, 제작하는 경우 정합회로의 설계나 시뮬레이션 과정을 거치지 않고 바로 제작할 수 있는 장점이 있고, 또 서론에서 언급하였듯이 제작사에서 제공하는 S-파라미터와 스미스차트를 이용한 정합방법은 최적의 출력을 얻기 어렵기 때문에 본 논문에서 제안한 방법으로 설계하면 실용화 과정에서도 큰 불편이 없을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. K. Osbrink, "YIG-Tuned Oscillator Fundamentals," *Microwave Systems News*, vol. 13, pp. 207-225, Nov. 1983.
- [2] Darko Kajfez and Pierre Guillon, *Editors Dielectric Resonators*, Artech House Inc., pp. 298-322, 1986.
- [3] M. Meada, K. Kimura, and H. Kodera, "Design and Performance of X-band Oscillators with GaAs Schottky-gate field-effect transistors," *IEEE MTT*, vol. MTT-23, pp. 661-667, Aug. 1975.
- [4] Rowan J. Gilmore, and Fred J. Rosenbaum, "An Analytic Approach to Optimum Oscillator Design Using S-Parameters," *IEEE MTT*, vol. MTT-31, pp. 633-639, Aug. 1983.
- [5] Hiroyuki Abe, "A GaAs MESFET Self-Bias Mode Oscillator," *IEEE MTT*, vol. MTT-34, pp. 167-172, Jan. 1986.
- [6] Guileromo Gonzalez, Ph. D., *Microwave Transistor Amplifiers Analysis And Design*, Prentice Hall Inc. , pp. 384-403, 1984.
- [7] E. M. T. Jones and J. T. Bolljahn, "Coupled Strip Transmission Line Filters and Directional Couplers," *IRE MTT-4*, Number 2, pp. 75-81, April 1959.
- [8] Brown, Sharpe, Hughes, and Post, *Lines, Waves, and Antennas*, John Willey and Sons, pp. 125-128, 1973.
- [9] 김병철. "3-dB Coupler Tuner를 이용한 UHF Power Amp의 설계." 대한전자공학회 논문집 제30권, A편 10호, pp. 101-106, Feb. 1993.
- [10] Mathapatra, S., "Characteristic Impedance of a Slab Line," *Proc. IRE*, pp. 1652-

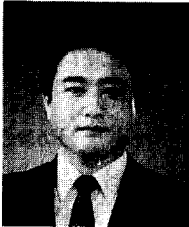
1653, Sept. 1960.

[11] Wheeler H. A., "The Transmission Line Properties of a Rounded Wire between Parallel Planes," *Trans. IRE*, pp. 203-207,

Oct. 1955.

[12] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, Addison-Wesley Company, pp. 411-415, 1990.

김 병 철



1980년 : 서강대학교 전자공학과(공학사)  
1982년 : 서강대학교 전자공학과(공학석사)  
1991년 : 서강대학교 전자공학과(공학박사)

1982년~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수

[주 관심분야] 초고주파 회로 해석, 초고주파 시스템설계, 이동통신 및 위성통신 부품설계

이 영 순

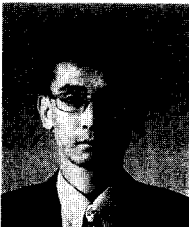


1979년 : 경북대학교 전자공학과(공학사)  
1982년 : 한국과학기술원 전자공학과(공학석사)  
1996년 : 경북대학교 전자공학과(공학박사)

1982년~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 교수

[주 관심분야] 전자장 수치 해석, 도파관 불연속 문제, 전자파의 개구 결합 문제, 안테나 해석 및 설계

오 재 석



1990년 : 금오공과대학교 전자공학과 통신전공(공학사)  
1992년 : 금오공과대학교 전자공학과 통신전공(공학석사)  
1997년~현재 : 금오공과대학교 전자공학부 통신전공 박사과정

1992년~1996년 4월 : LG정밀 방산설계실 주임연구원

1996년 5월~현재 : 구미기능대학 정보통신학과 전임강사

[주 관심분야] 초고주파 회로 설계, 초고주파 통신소자, 초고주파 시스템 설계

이 석 기



1990년 : 금오공과대학교 전자공학과 통신전공(공학사)  
1998년 2월 : 금오공과대학교 전자공학과 통신전공(공학석사)  
1990년~현재 : 해군 근무  
[주 관심분야] 초고주파 능동소자 설계, 초고주파 통신소자