

광대역 특성을 갖는 E-band (60-70 GHz) Gunn 발진기 제작

김현주^{1,2†}, 한석태², 김태성², 김용기¹

¹충북대학교 천문우주학과

²한국천문연구원 대덕전파천문대

DEVELOPMENT OF WIDEBAND TUNABLE E-BAND (60-70 GHz) GUNN OSCILLATOR

Hyunjoo Kim^{1,2}, Seogtae Han², Taiseong Kim², Yonggi Kim¹

¹Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University
Cheongju, 361-763, Korea

²Taeduk Radio Astronomy Observatory, Korea Astronomy Observatory
Taejon, 305-348, Korea

e-mail: kimhj@xray.chungbuk.ac.kr, sthan@trao.re.kr

(Received October 14, 2000; Accepted November 06, 2000)

요 약

밀리미터파 우주전파 수신기의 국부 발진기로 사용될 수 있는 도파관형 건 발진기를 제작하였다. 제작한 건 발진기는 60 GHz에서 70 GHz까지 발진하는 광대역 특성을 보였다. 건 발진기는 공진 디스크와 포스트의 직경 변화와 다이오드 특성에 따라 발진 주파수의 특성이 달라진다. 본 논문에 우리는 광대역 발진 특성을 가지는 건 발진기의 설계 방법과 측정결과를 보였으며, 제작한 발진기는 대덕전파천문대의 100/150 GHz대 이중채널 수신기로 활용되고 있다.

ABSTRACT

A Gunn waveguide-oscillator, mechanically tunable from 60 to 70 GHz, has been developed for use as a local oscillator (LO) in millimeter radio telescope. Disc size, post size and characteristics of Gunn diode have an effect on the frequency tuning characteristics of Gunn oscillator. In this paper we report experimental results and design criteria for a wideband tunable Gunn oscillator. The developed Gunn oscillator has been used in the 100/150 GHz band dual channel receiver for the Taeduk Radio Astronomy Observatory.

Key words: instrumentation, radio telescope

1. 서 론

최근 국내외에서는 밀리미터파의 우수한 특성을 이용하여 여러 가지 분야로 활용하고자 활발한 연구가 수행되고 있다. 특히 광대역 특성인 밀리미터파를 이용한 통신 시스템은 광대역 특성이므로

[†]corresponding author

주파수 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 현 추세에 용이하게 대처할 수 있고, 동영상 고속 데이터 통신에 활용할 수 있다. 또한 이것은 파장이 짧기 때문에 각종 소자의 소형, 경량화가 가능하다. 이러한 특성 때문에 밀리미터파 대역의 소자와 시스템 연구가 전 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 특히 60 GHz 대역은 근거리 통신뿐만 아니라, 차량충돌 방지용 레이더에 활용되는 주파수 대역이므로 이 대역을 발진할 수 있는 발진기 제작은 매우 중요한 연구 분야이다. 또한 이 대역의 건 (Gunn) 발진기는 우주전파 관측용 수신기에도 활용된다. 현재 대덕전파천문대에 설치된 직경 14 m 전파 망원경 시스템 일부인 우주전파 관측용 이중채널 수신기는 헤테로다인 (Heterodyne) 방식을 채택하고 있으므로 국부 발진부 (Local Oscillator System)가 필요하다. 이중채널 수신기의 150 GHz 채널을 위한 국부 발진부는 60-90 GHz 대역을 발진할 수 있는 건 발진기, 이 대역을 120-180 GHz 대역으로 주파수를 체배할 수 있는 주파수 체배기 (Multiplier), 국부 발진부의 주파수 안정도를 수 Hz까지 유지시켜 주는 PLL (Phase-Locked Loop) 시스템으로 구성된다 (한석태 외 1992). 주파수 안정도와 발진 출력은 이러한 우주전파 관측용 수신기의 국부 발진기에 활용되는 발진기의 중요한 요소이다. 우주전파 관측용 수신기를 이용해 관측 천체의 속도성분의 변화를 관측하여 그 천체의 역학적 성분 (회전, 팽창, 수축, 난류운동 등)과 상호역학 관계를 연구하게 되는데, 만일 국부 발진부의 발진 주파수가 불안정하게 되면, 각종 관측자료의 기준 속도 스케일에 직접적인 영향을 미치게 된다. 따라서 국부 발진부의 안정도는 우주전파 관측에 있어 매우 중요하다. 또한 이것은 믹서가 동작될 수 있도록 충분한 발진 출력을 얻을 수 있어야 하며, 출력의 안정도는 시스템의 전체적인 안정도와 직접적인 관계가 있으므로 매우 안정적인 출력 특성을 가져야 한다.

본 논문에서는 우주전파 수신기의 국부 발진부에 사용되는 건 발진기의 설계 및 제작 과정과 측정 결과에 대하여 기술하고자 한다.

2. 도파관형 발진기의 구성

제작하고자 하는 도파관형 건 발진기의 단면도를 그림 1에 제시하였다. 발진기는 크게 도파관 임피던스 변환기, 바이어스 쇼크 (Bias choke), 공진 디스크 (Resonance disc), 백쇼트 (Backshort)로 구성된다. 본 논문에서 제작한 발진기는 WR-12 도파관 (높이: 1.5 mm, 너비: 3.1 mm)에 직경이 3 mm인 바이어스 쇼크가 교차되도록 하였으며, 발진 주파수 가변을 위한 백쇼트의 구동장치가 장착된 형태이다. 패키징된 건 (Gunn) 다이오드 (GaAs: Gallium Arsenide)는 도파관 바닥에 나삿니를 만들어 장착하였다. 바이어스 전압은 바이어스 쇼크를 통하여 다이오드에 공급된다. 건 다이오드에 직류 전압을 전달하는 바이어스 쇼크는 테플론 (Teflon)으로 둘러싸서 원통형 홀의 벽과 분리시켜 직류 바이어스 전압이 단락되는 것을 방지하였다. 또한 바이어스 쇼크는 발진 전력이 바이어스 쇼크를 통하여 누설되는 것을 방지하기 위한 저역통과 필터 (Low-pass filter)의 역할도 한다. 발진 주파수는 공진 디스크의 직경, 포스트 직경의 변경, 백쇼트의 이동거리(d)에 의한 임피던스 변화에 의하여 조절된다.

2.1. 도파관형 발진기의 등가회로

그림 1에 제시된 발진기의 구조는 그림 2와 같이 전기적인 등가회로로 나타낼 수 있다. 그림 2에서 건 다이오드 임피던스 ($Z_D = R_{diode} + jX_{diode}$)와 다이오드 임피던스를 제외한 도파관 내에 구성

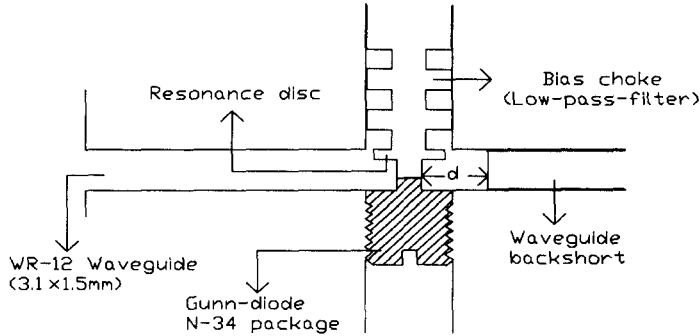


그림 1. WR-12 도파관형 진 발진기 내부 구성도.

된 회로에 의한 임베딩 (Embedding) 임피던스 ($Z_e = R_{circuit} + jX_{circuit}$)가 같을 때 공진을 일으켜 임의의 주파수를 발진하게 된다 (Haydl 1983). 두 임피던스의 저항성 성분과 리액턴스 성분이 서로 같아야 최대의 발진 전력과 안정적인 주파수가 나오는데, 이때 식 (1), 식 (2)와 식 (3)의 관계가 성립한다.

$$R_{diode}(f) + R_{circuit}(f) = 0 \tag{1}$$

$$X_{diode}(f) + X_{circuit}(f) = 0 \tag{2}$$

$$\frac{\partial X_{total}}{\partial f} > 0 \tag{3}$$

단자 A-A'에서 들여다 본 임피던스는 건 다이오드 자체의 임피던스와 다이오드 패키지에 의해 생성된 임피던스이다. 또한 단자 B-B'에서 본 임피던스는 도파관 내에 구성된 발진기의 회로에 대한 임피던스이다. 임의의 백쇼트 위치에서 발진 주파수에 가장 민감하게 영향을 주는 것은 공진 디스크와 포스트 (Post)의 직경이다 (Haydl 1983, Carlstrom et al. 1985). 따라서 발진기를 설계할 때 공진 디스크와 포스트의 직경을 보다 면밀히 검토하여야 한다. 발진되는 중심 주파수는 공진 디스크와 포스트 직경에 의하여 결정되지만 보다 광범위한 발진 주파수는 백쇼트 위치 변화에 따른 도파관의 백쇼트 임피던스 (Z_{BS})에 의하여 결정된다 (Tsai et al. 1970). 그림 2에서 Z_{BS} 는 식 (4)로 표현된다.

$$Z_{BS} = jZ_0 \tan \beta d \tag{4}$$

여기서 d 는 백쇼트의 위치, Z_0 는 도파관 특성 임피던스, $\beta = 2\pi/\lambda_g$, λ_g 는 도파관 내의 파장이다. 다이오드 임피던스 (Z_D)와 임베딩 임피던스 (Z_e)의 리액턴스 성분은 주파수의 함수로 주어진다. 따라서 백쇼트의 위치 (d)를 가변하여 발진 조건인 식 (1)과 식 (2)의 조건이 만족되도록 백쇼트의 임피던스 (Z_{BS})를 조절하면 광대역 발진 주파수를 얻을 수 있다.

그림 2의 등가회로에서 인덕턴스 (L_{pl})과 캐패시턴스 (C_{dc})는 포스트와 공진 디스크 직경에 의하여 임베딩 임피던스가 결정되므로 발진 주파수 조절 범위는 공진 디스크 직경과 포스트 직경에 의해

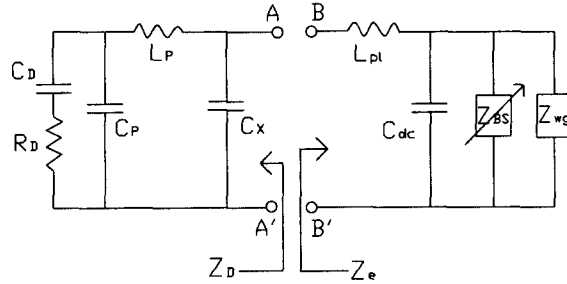


그림 2. 전 발진기 내부의 전기적인 등가회로. C_D : Chip capacitance, R_D : Negative resistance, L_D : Diode package inductance, C_P : Diode package capacitance, C_X : Diode parasitic capacitance, L_{pl} : Post inductance, C_{dc} : Disc capacitance, Z_{wg} : Waveguide load impedance, $Z_{BS} : jZ_0 \tan \beta d$.

민감하게 변화한다.

3. 설계 및 제작

3.1. 저역통과 필터의 설계

도파관형 발진기에 사용되는 바이어스 쇼크는 건 다이오드에 바이어스 전압을 전달할 수 있어야 하며 발진기에서 발생된 전력이 바이어스 쇼크를 통해 누설되는 것을 방지할 수 있는 저역통과 필터의 기능을 가져야 한다. 이러한 목적에 부합되는 바이어스 쇼크는 동축선로 (Coaxial cable)가 널리 이용되고 있다. 따라서 본 논문에서도 바이어스 쇼크는 동축선로를 이용한 필터를 설계하였다. 설계한 동축선로를 이용한 바이어스 쇼크용 필터의 구조를 그림 3에 나타내었다.

필터의 고 임피던스 부분과 저 임피던스 부분을 여러 단으로 나누었으며 각 부분의 길이는 $4/\lambda_c$ 로 하되, 고 임피던스 부와 저 임피던스 부에서 발생하는 불연속 효과를 고려하여 각 부분의 길이를 적절히 조정하였다. 여기서 λ_c 는 발진기에서 발진되는 발진신호 중심 주파수의 파장이다.

그림 3에 제시된 동축선로의 특성 임피던스는 식 (5)로 주어진다.

$$R_0 = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \text{Log}\left(\frac{D}{d_n}\right) \tag{5}$$

여기서 d_n 은 고저 임피던스 부의 동축선로 중심도체의 직경, D 는 동축선로의 외부도체의 직경이며, ϵ_r 는 동축선로의 유전상수이다.

무손실 전송선로인 경우 특성 임피던스가 Z_{0N} 인 전송선로에 임피던스가 Z_L 인 부하를 연결하였을 때 전송 선로의 입력 임피던스는 식 (6)으로 주어진다 (Lidholm 1977).

$$Z_{in} = Z_{0N} \frac{Z_L + jZ_{0N} \tan \beta l}{Z_{0N} + jZ_L \tan \beta l} \tag{6}$$

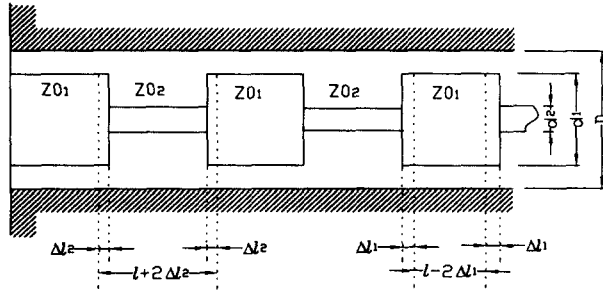


그림 3. 바이어스 쇼크(저역통과 필터) 단면도.

여기서, Z_L 은 부하 임피던스이고, β 는 전파 상수이다. 길이가 l_N 이고, 임피던스가 Z_{0N} 인 부분을 전송선로로 등가화하고 필터 종단에 부하 임피던스를 두고, 식 (6)으로부터 계산한 임피던스는 임피던스가 Z_{0N-1} , 길이가 l_{N-1} 인 부분의 부하 임피던스가 된다. 이와 같은 방법으로 순차적으로 계산하면 최종적으로 건 다이오드에서 들어다 본 입력 임피던스가 되는 저역통과 필터의 임피던스는 식 (6)을 이용하여 정리하면 식 (7)으로 표현된다 (Lidholm 1977).

$$Z_{in} = (R_0 + jr_0) \frac{A + jC}{B + jD} \tag{7}$$

여기서, $A = R_L + R_0 \alpha l - (r_0 + X_L \alpha l) \tan \beta l$, $B = R_0 + R_L \alpha l - (X_L + r_0 \alpha l) \tan \beta l$, $C = X_L + r_0 \alpha l + (R_0 + R_L \alpha l) \tan \beta l$, $D = r_0 + X_L \alpha l + (R_L + R_0 \alpha l) \tan \beta l$, $\beta l = \frac{\pi}{2} \frac{f_s}{f_0}$, $\alpha l = \frac{\pi}{4} \frac{f_s}{f_0} \tan \delta$, $r_0 = \frac{1}{2} R_0 \tan \delta$, f_s 와 f_0 는 발진기에서 발진되는 주파수와 발진신호 대역의 중심 주파수이다.

식 (7)을 다시 저항성 성분과 리액턴스 성분으로 나누면 식 (8)와 (9)를 얻는다.

$$Re[Z_{in}] = R_0 \frac{AB + CD}{B^2 + D^2} \tag{8}$$

$$Im[Z_{in}] = R_0 \frac{BC - AD}{B^2 + D^2} \tag{9}$$

우선 건 발진기에 사용하고자 하는 바이어스 쇼크의 저역통과 필터의 고저 임피던스 비는 크면 클수록 필터 부의 각 단을 적게 할 수 있지만, 외부도체 직경은 발진기의 전체의 크기를 결정하기 때문에 내부도체 직경 제작에 제한이 따른다. 따라서 이러한 점들을 고려한 고저 임피던스 비는 약 50 정도가 적정하며 식 (5)를 이용하여 동축선로의 각 부분의 임피던스에 내부도체의 직경을 결정하였다. 고 임피던스 부와 저 임피던스 부의 길이는 약 $4/\lambda_c$ 로 우선 결정하였고, 동축선로의 각 단 부분에서 발생하는 프링징 효과 (fringing effect)를 고려하여 Matthaei et al. (1980)이 제시한 대로 그림 3에서 Δl_N 만큼 길이 보상을 해주었다.

최종적으로 설계한 저역통과 필터의 단은 5단으로 결정하였으며, 필터의 전체 임피던스는 식 (8)과 (9)를 이용하여 계산하였고, 이에 대한 결과 값을 그림 4에 나타내었다. 발진신호 대역인 60

GHz에서 90 GHz 대역에 걸쳐 임피던스의 저항성분은 거의 영에 접근된 값들을 보이고 있다. 이것은 발진신호 대역의 발진신호 전력이 바이어스 쇼크를 통해 누설되지 않는다는 것을 나타내며, 전형적인 저역통과 필터의 특성을 보인다. 설계한 저역통과 필터는 발진신호 대역 내에서 리액턴스 성분이 매우 적어 발진회로의 임피던스 정합에 유리하다. 설계된 필터를 마이크로파 회로분석 프로그램인 Super-compact를 이용하여 성능분석을 하여 그림 5에 나타내었다. 그림에서 MS21은 필터의 입력단, 즉 발진기에서 발진된 신호가 출력단인 바이어스 쇼크를 통해서 누설되는 양이다. 발진신호 대역인 60 GHz에서 90 GHz까지 누설되는 양은 약 -75 dB 정도로서 매우 우수한 특성을 보인다. MS11은 필터의 입력단에서 발진신호가 필터에 의해 반사되는 양을 dB로 나타낸 것으로 발진신호가 거의 반사되기 때문에 필터를 통해서 진행되지 못함을 보여준다. 이와 같은 결과는 그림 4의 결과와도 일치됨이 보이기 때문에 발진기에서 사용하고자 하는 바이어스 쇼크용 저역통과 필터가 우수하게 설계되었다고 말할 수 있다.

3.2. 공진 디스크와 포스트 직경의 크기 결정

광대역 발진 주파수의 변화는 백쇼트를 이용한다. 그러나 발진기에서 발진되는 중심 주파수는 공진 디스크와 포스트 직경에 따라 결정되므로 발진기를 설계할 때 이들의 규격 결정은 매우 중요한 요소가 된다. 따라서 원하는 발진 주파수를 얻기 위해서는 발진 주파수에 상응하는 공진 디스크와 포스트를 설계해야 한다. Haydl (1982)는 도파관 형태의 건 발진기의 공진 디스크와 발진되는 중심 주파수와의 사이에 식 (10)의 관계가 성립함을 보였다.

$$D = 0.6\lambda_0 + \Delta D \quad (10)$$

여기서 D 는 공진 디스크 직경이고, λ_0 는 자유 공간내의 파장, ΔD 는 ± 0.4 의 오차를 나타낸다. 공진 디스크의 직경은 식 (10)을 이용하여 결정하였다. 그러나 포스트의 직경과 발진 주파수와의 관계에 대한 이론적 연구가 구체적으로 수행되지 않은 상황이다. 따라서 실험적으로 얻어진 결과를 활용하여 Haydl (1983)과 Carlstrom et al. (1985)의 방법으로 포스트의 직경을 결정하였다. 공진 디스크와 포스트 직경은 발진기에서 발진되는 중심 주파수를 결정하므로 이들의 규격 변화에 따른 발진 주파수 변화를 검토하고자 여러 가지 공진 디스크와 포스트 직경을 설계하여 본 후, 최종적으로 결정된 직경들을 표 1에 제시하였고, 그림 6에는 바이어스 쇼크 내에서 정의된 공진 디스크와 포스트의 모습을 제시하였다.

3.3. 바이어스 회로 (Bias circuit)와 도파관 백쇼트 (Waveguide backshort)

바이어스 회로는 건 다이오드에 직류 전력을 공급하기 위한 회로이다. 회로에는 잡음 제거용 필터를 두어서 직류 바이어스 전압 회로에 외부에서 유입되는 잡음 신호를 제거시켜 안정된 직류 바이어스를 다이오드에 공급하도록 하였다. 그래서 안정된 발진신호 주파수와 출력을 얻을 수 있게 하였다. 또한 과 전압 방지용 지너 다이오드 (Zener diode)를 부착시켜 과 전압으로 인한 건 다이오드가 파손되는 것을 방지하도록 하였다.

백쇼트는 도파관의 공동 공진기 길이 (d)를 변화하여 발진기의 발진 주파수를 변화시키는 역할을 한다. 공진기의 길이를 미세 조정하기 위하여 마이크로미터를 사용하였고, 백쇼트가 움직일 때 뒤 밀림을 방지하기 위하여 스프링과 볼 베어링을 장착하였다.

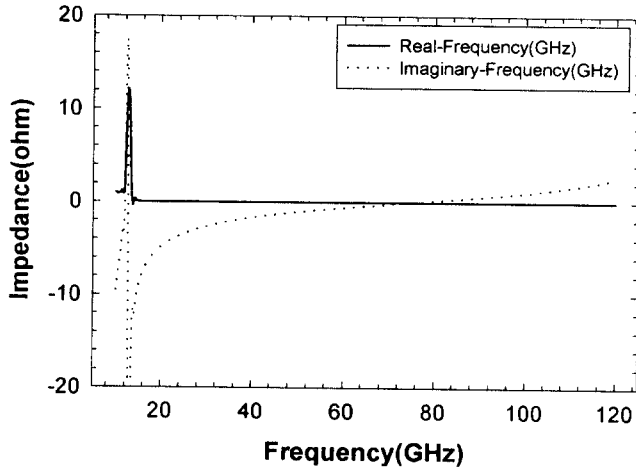


그림 4. 저역통과 필터의 임피던스를 이론적으로 계산한 결과.

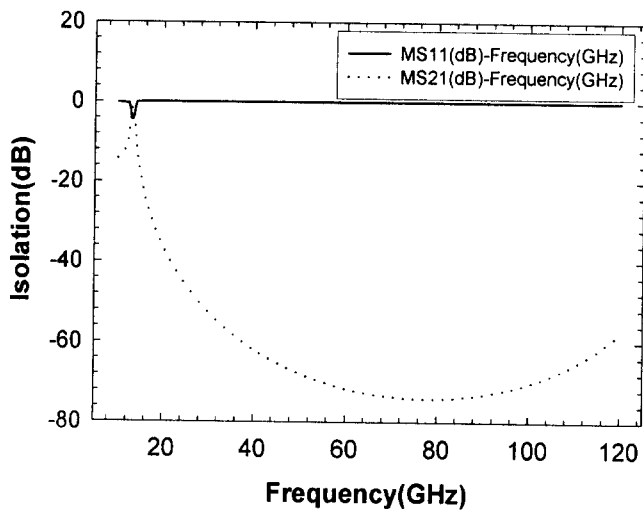


그림 5. Super-compact를 이용한 저역통과 필터의 성능 해석.

표 1. 공진 디스크 (A)와 포스트 (B) 직경.

Resonator number	Resonance disc (A) diameter	Post (B) diameter
#1	2.8	1.2
#2	2.8	1.0
#3	2.8	0.8
#4	2.2	1.0
#5	2.5	1.0

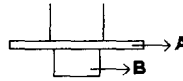


그림 6. 바이어스 쇼크에서 공진 디스크 (A)와 포스트 (B)의 정의.

4. 성능측정 및 토의

제작한 건 발진기 블록 (block)의 재질은 황동으로 하였으며, 공기에 의한 부식을 막기 위해 표면에 금도금 처리를 하였다. 공진 디스크와 포스트 직경 변화에 따라 발진 주파수가 어떻게 변화하는지, 다이오드에 따라 발진 주파수가 어떻게 변화하는지를 알아보기 위한 실험을 해 보았다. 실험은 섭씨 25°인 실내에서 이루어졌다

4.1. 공진 디스크 직경과 포스트 직경에 따른 발진 주파수

Carlstrom et al. (1985)은 공진 디스크는 도파관 내에서는 캐패시턴스 역할을 한다고 주장하였다. 따라서 디스크 직경에 따라 임피던스의 값이 달라지게 됨으로 같은 구조의 발진기에서 백쇼트의 위치가 같더라도 발진 주파수는 변화를 한다. 또한 Haydl (1983)은 포스트도 도파관 내에서는 인덕턴스의 역할을 한다고 발표하였다. 따라서 공진기 디스크 직경을 고정하고, 포스트 직경만 변화시켜도 발진 주파수가 변화를 하게 된다. 본 연구에서는 표 1에 제시한 설계치와 동일하게 우선 포스트 직경은 고정시키고, 공진 디스크의 직경이 각각 다른 세 개의 바이어스 쇼크를 제작하여 성능을 측정하였다. 또한 공진 디스크 직경을 고정시키고, 포스트 직경이 다른 세 개의 바이어스 쇼크를 제작하여 발진 주파수의 변화를 측정하였다. 공진 디스크와 포스트 직경의 변화에 따른 측정 결과를 그림 7에 나타내었다.

그림 7에서와 같이 공진 디스크와 포스트 직경을 적절히 변화시킬 때 백쇼트의 가변으로 얻어지는 최대의 발진 주파수 변화는 약 25 GHz이다. 따라서 공진 디스크와 포스트의 직경을 적절히 설정하고 백쇼트를 가변하면 약 10 GHz 대역을 발진하는 발진기를 제작할 수 있음을 확인하였다. 공진 디스크 직경을 2.8로 고정시키고 바이어스 쇼크 #1, #2, #3에 대한 실험에 의하면 포스트 직경에 따른 발진 주파수는 포스트 직경이 작을수록 높은 주파수를 발진하고, 포스트 직경을 1.0으로 고정시키고 바이어스 쇼크 #2, #4, #5에 대한 실험에 의하면 공진 디스크에 따른 발진 주파수는 공진 디스크 직경이 작을수록 높은 주파수에서 발진한다. 이 결과는 Haydl (1983)의 결과와 일치한다.

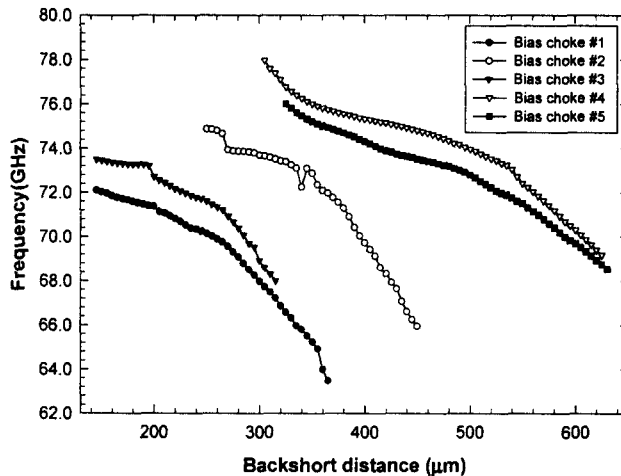


그림 7. 공진 디스크와 포스트 직경 변화에 따른 발진 주파수의 변화.

4.2. 건 다이오드에 따른 발진 주파수

건 발진기는 도파관 내의 공진 디스크 직경과 포스트 직경에 따라 발진 주파수가 변화를 하지만 Tsai et al. (1970)에 의하면 건 다이오드에 의해서도 발진 주파수가 변화한다. 이것은 건 다이오드 자체의 캐패시턴스와 인덕턴스가 제품에 따라 많은 차이가 있기 때문이다. 결과적으로 도파관 내의 총 임피던스 값을 변화시키는 역할을 하여 발진 주파수도 달라지게 된다. 제작사가 다른 다이오드와 표 1에 제시한 바이어스 쇼크들에 발진 주파수를 측정된 결과를 그림 8과 그림 9에 나타내었다. 그림 8은 표 1에 바이어스 쇼크 #1일 때 Epsilon-Lambda사의 다이오드 #4와 Hughes사 다이오드 #3에 대한 측정 결과이다. Epsilon-Lambda사 다이오드 #4는 바이어스 전압과 전류는 4.5 V/230 mA이고, Hughes사 다이오드는 바이어스 전압과 전류는 3.8 V/610 mA이다. 두 다이오드 모두 약 10 GHz 정도의 대역폭을 갖고 있지만, Hughes사 다이오드가 더 낮은 쪽 주파수 대역에서 발진함을 알 수 있다. 바이어스 전압 변화에 따른 발진 주파수의 변화는 약 0.6 GHz 정도이다. 이 정도의 변화는 이 발진기가 PLL에 시스템에 적용하기에 적합하다고 판단된다.

그림 9은 동일회사 제품의 다이오드를 사용하였을 때 다이오드에 의한 발진기의 발진 주파수를 측정된 결과이다. 다이오드의 바이어스 전압은 각각 약 4.5 V이나 전류는 230 mA와 650 mA이다. 따라서 동일 회사 제품이라도 건 다이오드 특성에 의하여 발진기의 발진 주파수 특성이 차이가 있다는 것도 확인하였다.

바이어스 쇼크가 #1이고, Hughes사 다이오드 #3을 장착한 건 발진기에서 발진된 발진 주파수를 스펙트럼 분석기를 통하여 측정된 결과를 그림 10에 나타내었다. 발진 주파수는 65.134 GHz이고,

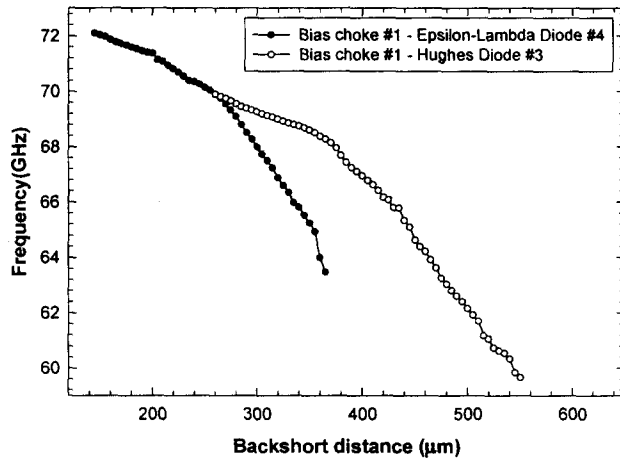


그림 8. Hughes사 다이오드 #3과 Epsilon-Lambda사 다이오드 #4의 발진 주파수 비교.

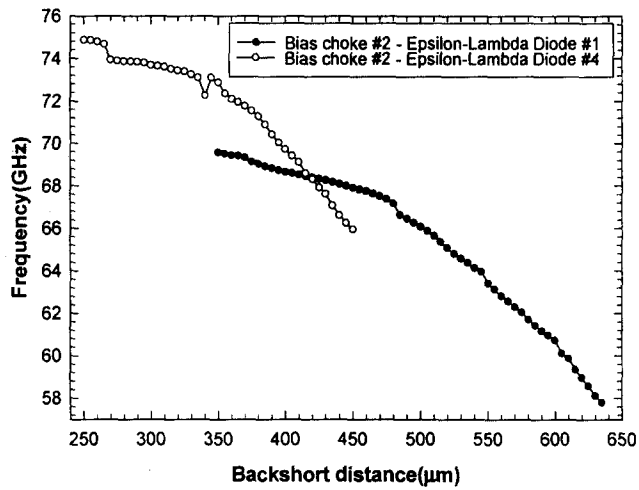


그림 9. Epsilon-Lambda사 다이오드 #1과 #4의 발진 주파수 비교.

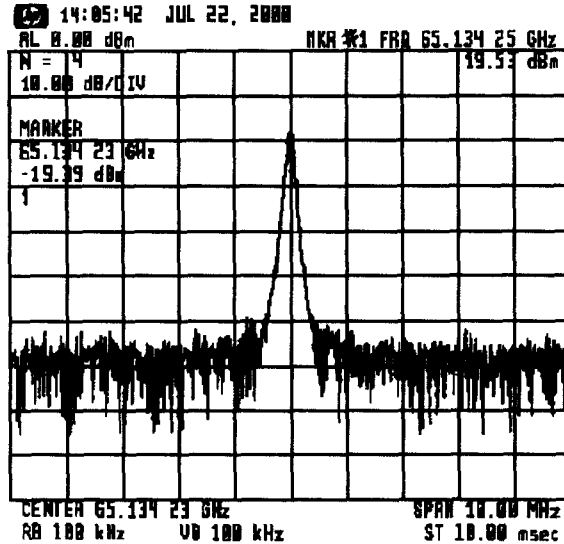


그림 10. 스펙트럼 분석기로 발진 주파수의 안정도를 측정한 결과. span은 10.0 MHz이고, 중심 주파수는 65.134 GHz이다.

span은 10.00 MHz이다. 발진하는 주파수의 주파수 안정도는 수천 kHz 단위 내에서 흔들림 있을 뿐 매우 안정도가 높은 발진 특성을 나타내었고, 중심 주파수 이외의 기생 발진 특성이 전혀 나타나지 않았다. 이러한 흔들림은 PLL 시스템에서 충분히 안정화시킬 수 있다.

제작한 발진기를 실제로 100 GHz/150 GHz 대 이중채널 SIS 수신기에 설치하여 국부 발진기로 사용해 본 결과, 믹서를 구동하기에 충분한 발진 전력이 발진된다는 것을 확인하였고, 발진 출력도 적정함을 알 수 있었다. 또한 수신기의 PLL 시스템에도 우수한 동작 특성을 지니고 있어 이 발진기가 현재 한국천문연구원의 이중채널 SIS 수신기용 국부발진기로 활용되고 있다.

5. 결 론

밀리미터파 우주전파 수신 목적으로는 물론 밀리미터 대역의 통신과 차량충돌 방지용 레이더에 활용될 수 있는 도파관형 건 발진기의 설계방법을 제시하고, 제작과 성능 측정 결과를 논의하였다. 제작한 발진기의 발진 주파수는 공진 디스크와 포스트 직경에 매우 민감하게 영향을 받는다는 이론적 해석을 검증하고자 여러 가지 공진 디스크와 포스트를 가공하여 이들 규격에 따른 발진 주파수의 변화를 실험하였다. 발진기의 최대 발진 주파수 대역은 공진 디스크와 포스트 직경을 적절히 변화시키고 백쇼트의 가변에 의해 약 25 GHz이다. 그리고 공진 디스크와 포스트의 직경을 적절히 설정하고 백쇼트를 가변한 발진기의 최대 발진 주파수 대역은 약 10 GHz 정도이다. 한 주파수에 대해 바이어스 전압을 조절하여 0.6 GHz의 대역을 얻어 PLL 시스템에 적용할 수 있는 우수한 특성을 얻었으

며, 스펙트럼 분석기를 활용하여 제작한 발진기에서 발진된 발진신호 특성도 측정하여 발진신호의 순수성도 확인하였다. 제작한 발진 신호의 안정도는 수천 KHz이다. 이 특성은 Epsilon-Lambda사의 같은 대역의 진 발진기가 갖는 수 MHz, 수천 KHz의 안정도와 비슷하다. 또한 우리는 발진신호를 수십 MHz를 수 KHz로 안정화시키는 PLL 시스템에 적용한 결과 수 KHz의 안정도를 얻었다. 제작한 진 발진기는 현재 대덕전파천문대에서 보유중인 이중채널 수신기의 150 GHz대 채널의 국부 발진부의 발진기로 활용하고 있는데, 본격적인 관측이 시작되면 차가운 암흑성운 등의 관측 등을 통해 기존 안정된 시스템을 이용한 결과와 비교하여 주파수 정밀도 등을 정확하게 추정할 계획이다.

참고문헌

- 한석태, 이창훈, 임인성, 서정빈 1992, 대덕전파천문대 보고서, B9120, 천문대
- Carlstrom, J. E., Plambeck, R. L., & Thornton, D. D. 1985, *IEEE MTT-33*, 610
- Haydl, W. H. 1982, *Electronics letter*, 18, 307
- Haydl, W. H. 1983, *IEEE MTT-31*, 879
- Lidholm, S. 1977, *Low-Noise Mixers for 80-120 GHz*, Research report No.129, Onsala Space Observatory
- Matthaei, G. L., Young, L., & T.Jones, E. M. 1980, *Microwave filters, impedance-matching networks and coupling structures* (Dedham: Artech House), pp.300-304
- Tsai, W. C., Rosenbaum, F. J., & MacKenzie, L. A. 1970, *IEEE MTT-18*, 808