

# 導波管캐비티를 使用한 임펫다이오드 發振器의 周波數變調特性

(Frequency modulation of a waveguide  
cavity cw IMPATT diode oscillator)

尹 賢 普\*

(Yoon, Hyun Bo)

## 要 約

임펫다이오드의 임피던스가 直流에 交流를 중첩시켜 加할경우 變化하는 特性을 고찰하였다.  
스펙트럼분석기상에서 滅迹波零點測定方法으로 周波數變調된 波의 特性을 測定하였다.  
周波數變調는 아주 작은 交流信號電壓으로 가능하여 變調周波數을 一定히하고 信號電壓을 증가시키면 소요대  
역폭이 아주 커지고 信號電壓을 一定히하고 變調周波數을 크게할때 帶域巾을 약간 좁아지는 結果를 얻었다.

## Abstract

This paper deals with the impedance variations of the IMPATT diode depending upon the small a.c. component superimposed on the d.c. bias. The frequency deviation of the modulated wave is measured using a carrier null method on microwave spectrum analyser.

Frequency modulation is achieved by the weak a.c. signal superimposed on the d.c. bias.

The bandwidth rapidly increase with increasing modulation signal magnitude for constant modulation frequency and slightly decrease with decreasing modulation frequency for constant modulation signal magnitude.

## 1. 序 論

池濱等이 高出力을 낼수있는 반도체마이크로웨이브다이오드인 임펫다이오드[1]의 變調特性에 關한 고찰은 마이크로웨이브시스템開發에 重要한 의미를 갖는다.

임펫다이오드발진기의 周波數은 다이오드리에턴스와 回路의 리액턴스가 同調된 조건으로 決定된다.

그러므로 회로나 다이오드리에턴스를 變化시켜 발진 주파수를 變化시킬 수 있다. 回路의 리액턴스를 變化시키는 方法은 기계적 방법, 電子的方法[2]~[4], 磁氣的方法[5]等이 있다.

다이오드의 리액턴스는 直流에 작은 交流信號를 중첩시켜 加해주므로써 變化시킬 수 있어 Weidmann과

Thaler [6]가 임펫다이오드 頻率範圍에 關한 研究結果를 發表한바있고 전오실레터(Gunn oscillator)의 周波數變調에 關한 研究는 [7]~[9]等이 있다.

本論文은 도파관내에 廣帶域特性을 갖는 데이파인포스트[10]를 쟁작하여 直流마이크로(54V, 100mA) 8~9GHz에 걸쳐 發振하는 캐비티를 使用한 경우의 結果이다.

中心周波數은 8.761 GHz일 때 交流電壓의 크기와 周波數을 變化시키면서 스펙트럼分析器上의 캐리어零點測定方法을 使用하여 주파수편의를 測定한다.

## 2. 임펫다이오드의 發振周波數變化

임펫다이오드의 電子沙汰領域(avvalanche region)과 漂流領域(drift region)에 依한 리액턴스값은 Gilden과 Hines [11]에 依해

\* 正會員, 韓國航空大學 通信工學科

Dept. of communication Eng. civil Aviation college of Korea

接受日字: 1975年 11月 20日

$$X = \frac{j}{\omega c_d} \left( \left( \frac{\sin \theta_d}{\theta_d} - 1 \right) - \left( \frac{\frac{\sin \theta_d}{\theta_d} + \frac{x_A}{W-x_A}}{1 - \frac{W_r^2}{\omega^2}} \right) \right) \quad (1)$$

으로 表示되어 있다. 오드 全體 임피던스는

$$Z = \frac{(W-x_A)^2}{2A\varepsilon_s v_{st}} \left( \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_r^2}} \right) \frac{1 - \cos \theta_d}{\theta_d/2} + R_s + X \quad (1)'$$

이다. 여기서  $-Wx_A$ ,  $c_d$ ,  $\theta_d$ 는 각기표류영역의 길이, 용량 走行角,  $\varepsilon_s$ ,  $v_{st}$ 는 유전율, 포화표류속도이고  $x_A$ ,  $\omega_r$ 는 전자사태영역의 길이, 공진주파수이다.

$\omega_r$ 는 直流電流密度의 자승근에 比例하며  $\omega > \omega_r$ 인 때 (1)'식 제1항의 저항은 負의 값이 되고 (1)式의 리액턴스는 용량성이 된다.

周波數變化에 따른 리액턴스의 變化는 그림(1)과 같다.

即임펫다이오드의 出力은 어느 값 이상의 直流電流가 흐르기 始作할 때부터 穩을 수 있다.

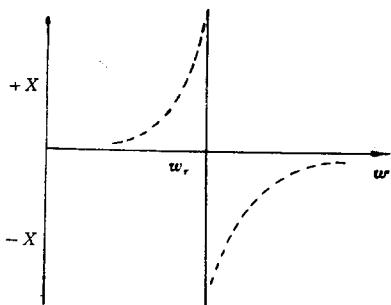


그림 1. 周波數에 따른 리액턴스變化

Fig. 1. Imaginary parts of the impedance versus frequency

直流바이어스  $E_o$ . 交流  $E_m \cos \omega_m t$ 를 중첩시킨면

$$E = E_o + E_m \cos \omega_m t \quad (2)$$

임펫다이오드 電流는

$$I = I_o + I_m \cos(\omega_m t + \beta_1) \quad (3)$$

가 흐를 것이며 여기서  $\beta_1$ 은 전압과 전류간의 位相差이다.

따라서 (1)式의 리액턴스는 交流電流에 의해 變하는 값이 된다.

다이오드의 리액턴스 ( $X_I$ )가 變화하여 발진주파수가 變할 때 케비티 역시 이주파수 變化범위에서 均一特性 ( $X_c$ )을 갖어야 하므로

$$X_I - X_c = 0 \quad (4)$$

即肯포스트구조를 使用하여 幾帶域發振器具現이 先行되어야 한

다.

直流마이어스에 依한 發振周波數가  $\omega_c$ 일 때 중첩된 交流의 진폭과 주파수에 의해 발진주파수는 變하게 되므로 발진기의 순간주파수값은

$$\omega(t) = \omega_c + K_f E_m \cos \omega_m t \quad (5)$$

가 되며 여기서  $K_f$ 는 交流振幅  $E_m$ 에 對한 最大周波數變化를 決定해주는 비례계수이다.

### 3. 實驗 및 檢討

그림(2)와 같은 바이어스상태에서 임펫다이오드발진 기의 出力은 周波數變調된 것을 알 수 있으며

$$e = E_c \sin \left( \omega_c t + \frac{\omega_d}{\omega_m} \sin \omega_m t \right) \quad (6)$$

여기서  $\omega_d \equiv K_f E_m$

$$\text{또 } \delta \equiv \frac{\omega_d}{\omega_m} \text{라 하면}$$

$$e = E_c \sin(\omega_c t + \delta \sin \omega_m t) \quad (6)'$$

이다.

(6)'式을 Bessel函數로 展開하면

$$e = E_c J_0(\delta) \sin \omega_c t + E_c \sum_{n=1}^{\infty} J_n(\delta) [\sin(\omega_c + n\omega_m)t$$

$$+ (-1)^n \cdot \sin(\omega_c - n\omega_m)t] \quad (7)$$

이 된다.

(7)式은 撥送波의 無限大의 側帶波項으로 表示된 것이며  $J_0(\delta) = 0$ 은 撥送波가 零이고  $J_n(\delta) = 0$ 는  $n$ 번째의 側帶波가 零인 경우로 각 零點에 對應하는 變調電壓의 實效值  $E_m / \sqrt{2}$ 를 測定하여 주파수변조감도  $\Delta F / \Delta E$ 를 계산할 수 있다.

$$\frac{\Delta F}{\Delta E} = \frac{f_d}{E_m} = \frac{\delta n f_m}{E_m} \quad (8)$$

變調된波를 스펙트럼分析器로 測定할 때 분석기의 스위프트를 X-Y기록계 X-入力에, 영상출력을 Y-入力에 連結하여 기록한結果는 그림(3)~(6)과 같다.

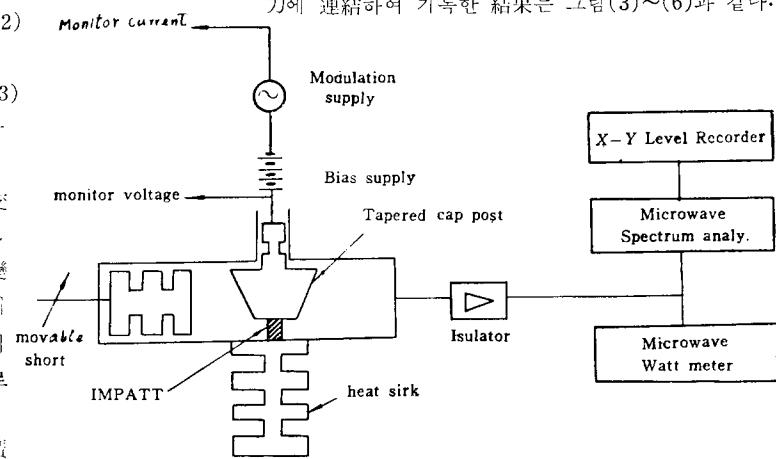


그림 2. 實驗장치 구성

Fig. 2. Experimental arrangement

그림(3)은 變調되지 않은 임팩타이오드의 빌진스페트럼이고,  
그림(4)는 變調된 波 스펙트럼에  
서 搬送波가 零인 경우이다.

그림(5)는 第1側帶波가 零인  
變調된 波의 스펙트럼이다.

그림(6)은 搬送波와 第2側帶波  
가 零인 경우이다.

交流信號電壓가와 주파수를  
變化시킬 때의 變調特性은 表(1),  
(2)와 같다.

發振周波數에 따른 발진 출력  
현의의 倍분율은 그림(7)과 같다

以上의 變調特性結果는 8~9  
GHz帶域에 걸쳐 발진하는 廣帶  
域발진기의 직류마이어스에 작은  
交流信號를 증감시킨 결과 얻어  
진 것이다.

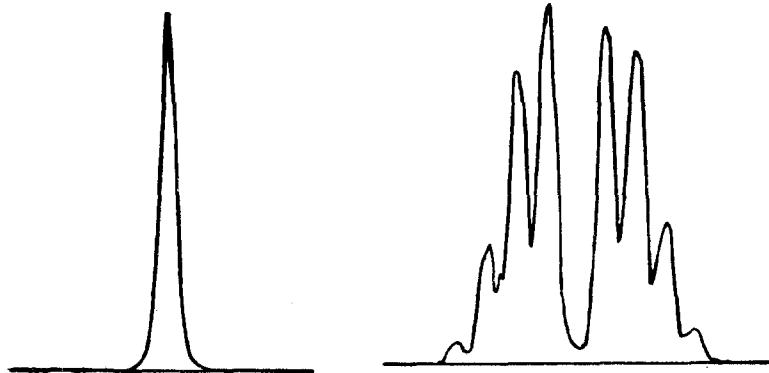


그림 3. 빌진스페트럼 (中心周波數  
8.761GHz, 스위프폭; 0.5MHz  
/div., 기록계 X; 2V/cm)

Fig 3. Spectrum of oscillation  
(center freq.; 8.761 GHz, sweep width 0.5MHz/div., recorder X;2V/cm)

그림 4. 搬送波가 零인경우(中心周波  
數; 8.761GHz, 動周波수 200  
kHz, 變조전압; 10mV(rms) 스위  
프폭, 기록계 그림 3과 同一)

Fig4. Carrier null (center freq.; 8.  
761GHz, modulation freq.; 200  
kHz, mod. voltage; 10mV(rms)  
dispersion and recorder sens.  
are the same as Fig3.)

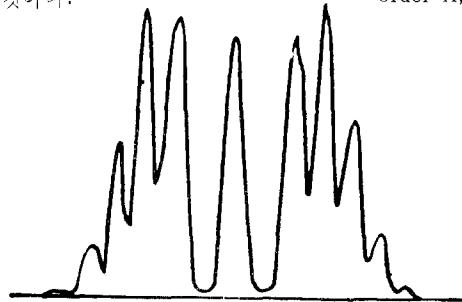


그림 5. 第一側帶波가 零인 경우(변조전압; 14mV,  
(rms), 기타는 그림4와 同一함)

Fig 5. First sideband null (mod. voltage; 14mV,  
(rms) the others are the same as Fig4.)

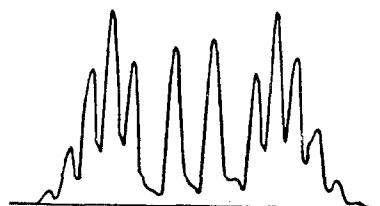


그림 6. 搬送波와 第2側 帶波가 零인경우 (변조전압  
22mV(rms) 기타는 그림4와 同一함)

Fig6. Carrier and second sideband null (mod.  
voltage; 22mV(rms), the others are the same  
as Fig4.)

表 1. 周波數變調감도(변조주파수 200kHz)  
Table 1, FM sensitivity (modulation frequency  
200kHz)

변조 전 압	$10\sqrt{2}$ mV	$14\sqrt{2}$ mV	$22\sqrt{2}$ mV
$f_d$	480KHz	776KHz	1026KHz
대역폭	1.5MHz	2.5MHz	3.5MHz

表 2. 變調周波數에 따른 周波數變調特性  
(변조전압: 10mVrms)

Table 2. FM characteristics vs. modulation  
frequency (modulation voltage; 10m V rms)

변조 주파수	70KHz	90KHz	140KHz
$f_d$	271.6KHz	461.7KHz	543.2KHz
대역폭	1MHz	1.5MHz	2MHz

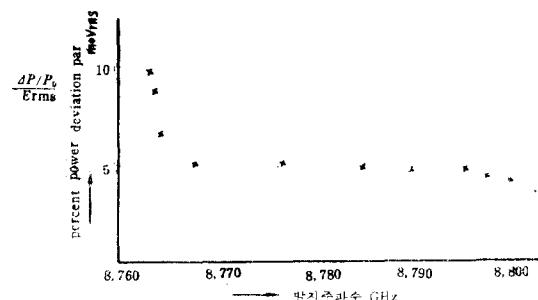


그림 7. 發振周波數에 따른 전력변의

Fig7. Percent power deviation as function of  
oscillation frequency.

實驗結果中 그림(4)~(6)과 표1에서 變調信號의 振幅을  
크게 할 경우 소요대역폭은 증가하여 표2에서 變調信號

의 周波數를 증가시키면 소요대역폭의 증가량은 그리 크지 않음을 알 수 있다.

이 결과는 周波數變調理論과一致되며 그림(7)에서 밸진주파수가 증가함에 따라 交流중침바이스에 의한 밸진출력對 直流바이어스에 의한 밸진출력比는 감소함을 알 수 있다.

交流바이어스값을 적류(52V, 60mA)에 중침시켜 300mV程度 증가시킬때 밸진주파수는 크게變化하였다

同一構造의 임펫發振器에 바렉터를 임펫과並列로 插入하고 바렉터에 0~2V變化幅의 電壓을 加할 경우變化周波數幅은 120MHz程度의 것을 얻을수 있었다.

이 경우 바렉터插入位置[12]에 따라 特性이 크게變化하고 부가적으로 바렉터를 插入하는동 장치의 부잡성등은 임펫나이오드만의 周波數變調特性과 比較선택될 경우가 있다고 본다.

#### 4. 結論

發振狀態에 있는 임펫나이오드에서 周波數變調는 波를 연기위한 交流信號의 크기는 아주작은 값으로 가능하며 中心周波數 8.761GHz에 變調信號 200KHz, 電壓을 10~20mV까지 變化시킨때 소요대역폭은 1.5MHz~3.5MHz가 되는 대역폭변화가 弱한 信號變化로 가능한 것을 알수있었다.

이 결과는 변조신호의 세기기 아주작은 것으로 FM波를 연고자 할때나 넓은 帶域幅을 가지는 出力이 必要한 장치에 使用할때 有利할 것으로 본다.

#### 參 考 文 獻

1. D.E. Iglesias, J.C. Irvin, and W.C. Niehaus. "10W and 12W GaAs IMPATT'S," IEEE Trans, Electron Devices, Vol. ED-22, pp.200, April 1975.
2. I. Kuru, "Frequency modulation of the Gunn oscillator," Proc. IEEE (Letters), Vol.53, pp. 1642-1643, October 1965.
3. D.H. Claxton and P.T. Greiling, "Broad band Varactor tuned IMPATT-diode oscillator," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-23, pp.501-504, June 1975.
4. B.K. Lee and M.S. Hodgart, "Microwave Gunn oscillator tuned electronically over 1 GHz," Electron. Lett., Vol.4 pp.240-242, June 1968.
5. N.S. Chang, T. Hayanizn, and Y. Matsao, "YIG tuned Gunn effect oscillator," Proc. IEEE (Letters), Vol.55, pp.1621, September 1967.
6. Weidmann, G. and Thaler, H.J., "Thermal effects in modulated IMPATT oscillator," Electron. Lett., pp.92-94, May 1969.
7. E.A. Faulkner and M.L. Meade, "Frequency modulation sensitivity of Gunn oscillator," Electron. Lett., Vol.5, pp.217-218, April 1969.
8. D. Zeiger, "Frequency modulation of a Gunn oscillator by magnetic tuning," Electron. Lett.- Vol. 3, pp. 324-325, July 1967.
9. W.C. Tsai and F.J. Rosenbaum, "Amplitude and frequency modulation of a waveguide cavity cw Gunn oscillator," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-18, pp. 877-884, November 1970.
10. T. Misawa and N.D. Kenyon, "An oscillator circuit with cap structures for millimeter wave IMPATT diodes," IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques, Vol. MTT-18, pp. 969-970, November 1970.
11. M. Gilden and M.F. Hines, "Electronic tuning effects in the Read microwave avalanche diode," IEEE Trans. Electron devices, Vol. ED-13, pp. 169, 1966.
12. P.A. Levine; and S.G. Liu; "Tunable L-band high power avalanche-diode oscillator circuit" IEEE Journal of solid-state circuits, vol sc-4, pp. 384-388, December 1969.