

# Microwave 파형 측정

1. 개요 : Wave guide 내에 갇힌 정상파 상태의 microwave의 파형을 sliding antenna를 이용하여 측정한다. Isolator, attenuator, directional coupler, phase shifter, circulator등 microwave 장치들의 특성을 측정하고 작용원리를 이해한다.

2. 측정 : Microwave 파형측정

- Sliding antenna를 이동하면서 관찰된 wave는 고정파를 이루어 마디와 배 부분이 나누어진다. 그 microwave는 diode로 detect 되고 cable을 통과하면서 정류되어 de-modulation 파형의 envelope이 나타나게 될 것이다. 따라서 Oscilloscope로 보는 파형은 microwave의 원래 파형이 아니라 diode에 의해 일부가 잘리고 cable에서 파형이 메워지면서 생긴 변조된 파형이다.

3. 센서 : Shottky diode

4. 실험 장치 : YIG oscillator, wave guide, sliding antenna, shottky diode detector, oscilloscope, isolator, attenuator, directional coupler, phase shifter, circulator

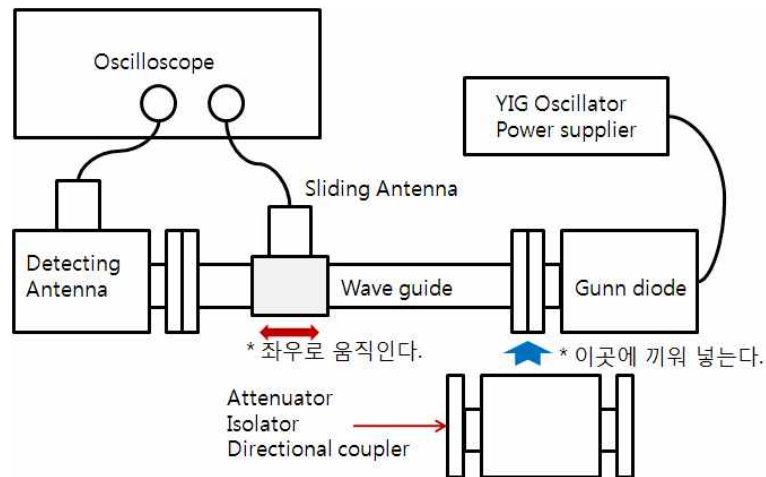


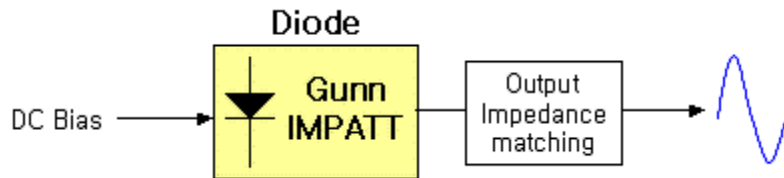
Fig. 1 Setup

## 1) Microwave oscillator

Microwave oscillator는 작은 power source일 때는 YIG구슬을 사용하는 것, gunn diode를 사용하는 것 두 종류가 있다. 큰 power source일 때는 magnetron과 krystron이 있다. YIG방식은 주파수가 매우 안정되어 있으나 power가 약하다. magnetron은 가정에서 microwave oven에서 사용되고 있다.

- **Diode Oscillator** : diode는 비선형 특성을 가진 능동소자에 속한다. 다만, diode는 bias 인가 없이도 비선형 동작특성을 할 수 있는데 그때는 수동소자에 속한다고 볼 수도 있다. 하지만 발진기에 사용되는 diode는 DC전원을 끌어다가 AC신호로 변환해야 하는 완전한 능동소자처럼 동작한다. Diode 중에 발진기용으로 쓰는 diode는 Gunn diode와

IMPATT diode이다. 이 들은 그 자체로 negative resistance를 갖고 있기 때문에 적절한 DC bias와 출력조건만 잡아주면 발진한다.



## 2) Wave guide

속이 빈 금속관으로 만든 마이크로파 전송로. 평행 2선식 선로나 동축 케이블 등에 비해 감쇠가 적다. 단면의 모양에 따라 원형 도파관, 네모꼴 도파관, 타원 도파관 등으로 나뉜다. 도파관은 일종의 고역 필터로, 관 내 모드는 일정한 차단 파장을 가지며 그것보다 긴 파장의 전파는 통과시키지 않는다. 단면 치수는 반 파장 이상의 것이 사용되며 주로 1GHz 이상의 마이크로파대에서 널리 이용된다.

## 3) 쇼트키 다이오드 (Schottky barrier diode)

N형 반도체에 직접 쇼트키 게이트 전극을 붙여 금속과 반도체의 접촉면에서 역방향 전압을 저지하는 기능(Schottky barrier)을 이용하는 다이오드입니다. 고주파용과 일반 정류용이 있으며 고주파용은 UHF대와 마이크로파대의 검파(detection)나 믹서용으로 많이 이용됩니다. 일반 정류용 쇼트키 다이오드는 일반 정류 다이오드에 비해 순방향 전압이 작고 역방향 내압을 너무 크게 할 수 없기 때문에 (현재 100~200V정도) 저전압 대전류의 전원 정류용으로 이용됩니다. 또한 고속특성을 이용하여 고주파 정류회로나 스위칭 전원용으로 이용됩니다.

## 4) Filter

특정 대역의 주파수 성분만을 골라내기 위한 회로 또는 구조물

## 5. 실험 방법

[ 주의사항 ]-----

- Power를 6V 이상 올리지 않는다.

-----

YIG oscillator에서 microwave가 나오게 된다. (12GHz 정도) 그리고 wave guide에서 입사되어서 슬라이딩 안테나를 통하여 오실로스코프로 관측을 할 수 있게 된다. 이 때 terminal에서 반사되어 sliding wave guide 사이에는 정상파가 형성이 된다. 슬라이딩을 움직이면 detect되는 전압이 달라짐을 관측할 수 있다.

1) YIG oscillator power supplier의 voltage control knob을 minimum 위치로 한다. 그리고 그림처럼 setup이 되어있는지 확인한다. 이 때 각 부분의 연결은 볼트와 너트를 이용하여 단단히 고정시킨다.

2) Power를 켜다. Mode는 square wave를 택한다.

- 3) Voltage control knob를 돌려서 6V 되게 한다.
- 4) Oscilloscope에 나타나는 square 파형을 확인한다.
- 5) Sliding antenna를 이동시키면서, 각 위치에 대한 파형의 진폭을 oscilloscope에서 측정하여 파형을 위치의 함수로 그린다. 위치는 약 30mm에서 130mm 까지 이동한다.
- 6) Square 파형의 주파수를 구하고 그의 의미를 생각해 보자. 파형의 파장을 구하고, microwave의 진동수를 구한다. 여기서 microwave는 TE-mode이다.
- 7) Attenuator를 그림에서 표시한대로 wave guide 사이에 연결하여 knob를 조절하면서 통과되는 microwave의 파형크기 변화를 관찰하라. Attenuator내부의 금속판의 위치를 관찰하여 wave의 흡수가 어떻게 일어나는지 알아본다.
- 8) Isolator를 wave guide 사이에 방향을 바꾸어 가면서 연결하여 통과되는 microwave의 파형을 관찰한다. Isolator내부의 자성판에서 가해진 자기장에 대한 magnetic moment의 coupled precession motion을 계산하라. 왜 wave가 한쪽 방향으로만 진행할 수 있는지 계산하라.
- 9) 한쪽 끝이 갈라진 Wave guide를 연결한 뒤, 각 방향에 대한 신호를 비교해본다.
- 10) 입사 안테나의 구조를 관찰하여 TE-mode가 발생하는 이유를 알아본다. 측정 안테나에서 어떻게 전압이 잡히는가?

## 6. 이론적 배경

### 1) Microwave

대체로 1GHz~250GHz 사이의 센티미터파를 포함한 전후의 파장을 가진 것을 마이크로웨이브라고 칭하고 있으며, 실제 마이크로파는 서브밀리파 위의 원적외선 영역이 마이크로파에 해당한다. (3THz=100 $\mu$ m, 3THz, 원적외선, 중적외선, 적외선(IR:780nm) 순서로 파장이 짧아짐)

$$\lambda(\text{파장}) = c(\text{빛의 속도}) / f(\text{주파수}) \quad (c=299,792,458)$$

주파수	3KHz	30KHz	300KHz	3MHz	30MHz	300MHz	3GHz	30GHz	300GHz	3THz
파장	100Km	10Km	1Km	100m	10m	1m	10cm	1mm	0.1mm	
통용어	초장파	장파	중파	단파	초단파	극초단파	마이크로파			
							센티미터파	밀리미터파	테시미터파	
분류	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF		
용도	해상통신	선박기상 통신 항공기유도	라디오 방송	단파통신 국제방송 HAM	FM방송 TV방송 무선호출	이동전화 TV방송 (UHF)	위성통신	우주통신	전파천문학 단거리통신	

**VLF**: Very Low Frequency, **VHF**: Very High Frequency, **LF**: Low Frequency

**UHF**: Ultra High Frequency, **MF**: Medium Frequency, **SHF**: Super High Frequency

**HF**: High Frequency, **EHF**: Extremely High Frequency, **VHF**: Very High Frequency

## 2) Guided wave

Wave guide안에서는 TE-mode 혹은 TM-mode 파형을 진행시킨다. 주어진 실험 장치에 서는 입사 안테나의 구조 때문에 TE-mode가 발생한다. Vacuum wavelength  $\lambda_0 = 2\pi c/\omega$  가 cutoff wavelength  $\lambda_c$ 보다 작을 때 wave가 통과할 수 있다. Cutoff wavelength는 waveguide의 dimension에 의존한다. 이때  $\frac{1}{\lambda_g^2} = \frac{1}{\lambda_0^2} - \frac{1}{\lambda_c^2}$  로서 wavelength of the guided wave,  $\lambda_g$ 가 결정된다. Group velocity of energy propagation  $v_g$ 는  $v_g v_p = c^2$ 로 주어지므로 상대성이론의 조건에 위배되지 않는다.

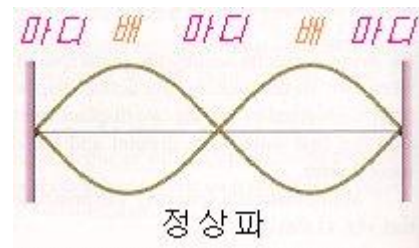
Rectangular guide에서  $TE_{mn}$  mode는,

$$\frac{1}{\lambda_c^2} = \left(\frac{m}{2a}\right)^2 + \left(\frac{n}{2b}\right)^2, \text{ where } a > b$$

사용된 wave guide는 rectangular guide에  $TE_{10}$ -mode 이다.  $a=23\text{mm}$ ,  $b=10\text{mm}$ ,  $m=1$ ,  $n=0$

## 3) 정상파

정상파는 서로 마주보고 달려오는 조화파의 파장과 진폭이 같을 때 두 파가 겹쳐지는 부분에서 마치 공간에 파동이 머무르고 있는 양상을 보이는 현상을 말한다. 아래 그림에서 마주보고 오는 정현파가 중앙부근에서 만날 때 진동하는 부분과 진동을 하지 않는 부분이 있는 것을 알 수 있다. 여기서 두 파의 파장과 진폭은 동일하다.



## 4) Modulation (변조)

신호를 전송하기 위해, 정보를 담은 아날로그 사인파형 또는 디지털 펄스를 그 전압/전류/주파수/위상 등을 high frequency carrier wave와 mix하는 과정을 변조(Modulation)이라고 한다. 결국 변조란, carrier wave신호의 위상/전압 과 같은 기본특성을 변화시키는 모든 과정을 일컬으며, 그 종류는 매우 다양하다. 변조를 하는 목적은 주로 전송성능 강화, 암호화, 채널화, 주파수 상향변환을 위한 것이다. 신호특성 관점에서 변조는 크게 3가지 정도로 정리되는데, 진폭변조 (Amplitude Modulation), 주파수변조 (Frequency Modulation), 위상 변조 (Phase Modulation)가 있다. 디지털 변조의 경우에는 상황에 따라 암호화(coding)라는 용어로 대체되기도 한다. 저대역 주파수의 장거리 전송 시 노이즈와 채터링의 발생으로 깨끗한 정보를 얻을 수가 없다. 그러므로 고주파신호를 같이 실어서 신호를 바꾸는 작업을 변조라 한다. 수신측에서는 low pass filter로 고주파는 거르고 깨끗한 저대역 주파수를 전송 받을 수가 있다. Diode에 의한 detection과 filtering으로 de-modulate된다.

## 7. 결과보고서에 포함될 내용 (측정범위와 상세정도는 각자 원하는 만큼 할 것)

- 1) Wave guide에서 TE-mode, TM-mode의 특성을 설명한다. 각각에 대해 전기장-자기장 분포, 전류분포는 어떻게 되고, 어떻게 진동하는가?
- 2) 정상파 측정결과. 여기서 node가 정확히 정의 되지 않는 이유는?
- 3) Oscilloscope에 보이는 파형은 microwave에서 어떻게 형성된 것인가? Microwave의 파

형이 oscilloscope에서 보이지 않는 이유는?

- 4) Sliding-slot이 전류를 방해하지 않는 이유는? 만일 slot이 wave guide의 옆면에 있으면 어떤 결과가 발생할까?
- 5) Diode로 detect하는 이유는?
- 6) Attenuator의 측정결과와 작용원리는?
- 7) Isolator의 측정결과와 작용원리는?

## 8. Reference

Scottky diode: <http://www.ehtec.com/part/diode/do.php?s=4>

Microwave: <http://www.mykit.com/kor/ele/microwave.htm>

Modulation: <http://www.rfdh.com>

Guided wave: Reitz, Foundation of Electromagnetic Theory, p480.

정상파: <http://physica.gsnu.ac.kr/physedu/wavelight/resonant/resonant.html>