

대구경을 이용한 초고주파 발생장치 연구

김원섭  
전남도립대학

A Study of high frequency generator for large diameter

Won-Sop KIM  
Jeonnam Provincial College

**Abstract** - 본 연구에서는 100GHz 이상의 높은 주파수에서 발전하는 초고주파 발생장치의 연구를 하였다. 전자파를 이용한 발전장치에서 대구경 후진파 에 입사하는 전자빔의 크기와 상태를 좋게하여 동작특성을 증진시키는 실험을 하여 그에 따른 변화 및 결과를 조사하였다. 출력의 증대와 방사할때의 크기 및 그에따른 주파수 교정, 그리고 마이크로파의 발전모드 특성을 분석하였다. 이는 주기의 크기에 따른 발전 주파수와와의 관계를 분석하였으며 자기장의 변화등 여러 가지 형태의 조건에 따른 결과를 나타내었다.

**Key Words** : 초고주파수, 전자빔, 마이크로파, 발전모드

다음은 전자빔의 발생을 위하여 이용한 음극의 형태이다. 각 음극의 형상과 이에 따라 음극 끝에 용을 부착함으로써 전자빔의 발생을 촉진하였다.

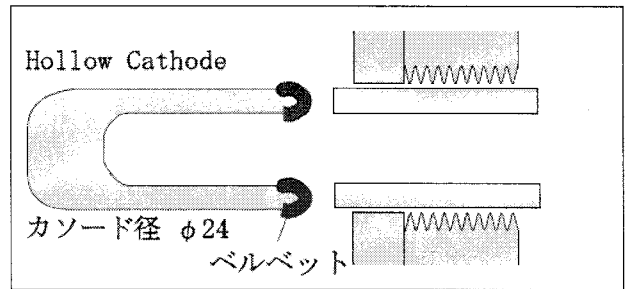


그림 2. 전자빔 발생을 위한 음극 모양

1. 서 론

대전력 마이크로파 발생장치는 여러 가지가 있는데 후진파 발전기도 그 중의 하나이다. 후진파 발전기는 전자빔을 전자계와 상호작용에 의하여 마이크로파의 발전이 일어나며 플라즈마 가열과 같은 곳에 이용할 수 있다. 지파도 파관을 이용하는 후진파 발전기는 발전을 일으키기 위하여 빔속도와 전자파에 의한 위상 속도를 조절함으로써 일어난다. 이와 같은 실험을 하기 위하여 대구경 지파 도파관을 이용하였다. 지파 도파관의 원리는 체렌코프 발전의 원리를 이용하였으며 최고 출력치는 수 GW급이다. 이같은 상대론적인 장치는 전자계의 구성과 도파관에 의하여 매우 크다. 우리는 이와같은 실험장치를 구성하여 실험하여 그 결과를 분석하였다. 빔의 발생에는 음극 끝에 부드러운 벨벳을 부착하여 빔 발생을 촉진하였으며 보다 좋은 빔이 발생되었다. 결과의 교정은 HIMD법을 이용하였으며 이에 대한 20GHz급의 마이크로파의 출력을 분석할 수 있었다.

그림 3에 는 발생된 전자빔의 모양을 나타냈다. 여러 가지 음극 반경의 크기에 따라 발생된 빔의 모양을 나타내었으며, 모양의 큰 변화는 없고 두께의 크기에 약간의 차이만 있었다. 왼쪽에 있는 것이 음극 반경 φ24mm이고 오른쪽이 φ25mm이다. 이것을 볼 때 크게 차이가 나지는 않지만 φ25mm의 경우가 좀더 두껍게 나온 것을 알 수 있다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 결과

이번 이용한 실험장치는 마르쿠스 제너레이터에서 발생한 고전압을 이용하여 음극을 통한 전자빔을 발생시킨다. 발생된 전자빔은 전자계 코일에 둘러싸인 지파 도파관내로 입사된다. 입사된 전자빔은 전자계와의 상호 작용에 의하여 발전이 일어나며 마이크로파 출력을 발생시킨다. 발생시킨 마이크로파 출력은 방사 안테나를 통하여 출력 장으로 이동하며 혼 안테나에 의하여 모아진다. 이와 같은 전체적인 모형을 그림1에 나타냈다. 그림에서 보면 원리와 모양을 쉽게 알 수 있으며 로고스키 코일에 의한 빔 전류의 측정도 할 수 있다.

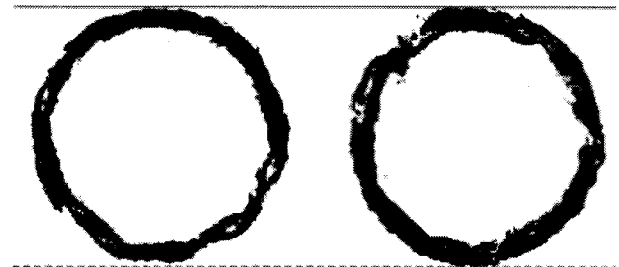


그림 3. 전자빔의 발생 모양

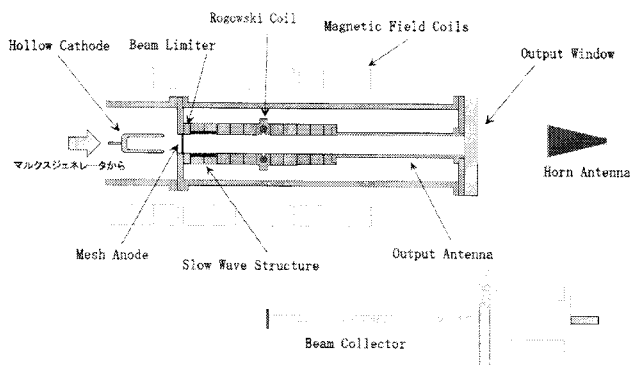


그림 1. 실험장치의 전체도

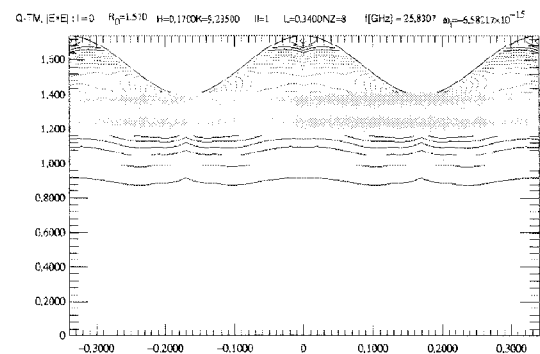


그림 4. TM<sub>01</sub>모드에서 도파관 모드

그림 4는 음극 반경  $\phi 25\text{mm}$ 에서의 20GHz에 대한 도파관의 계산결과이다. 전체 모드는  $\text{TM}_{01}$  모드이며 이에 따른 빔의 모형태이다. 주파수는 25.83GHz이고 위상은  $6.5821 \times 10^{-15}$ 이다. 그림 5는 20GHz대에서 발진 출력을 나타냈다. 빔전류와 정류파형의 크기 및 교정값에 대하여 나타냈다.

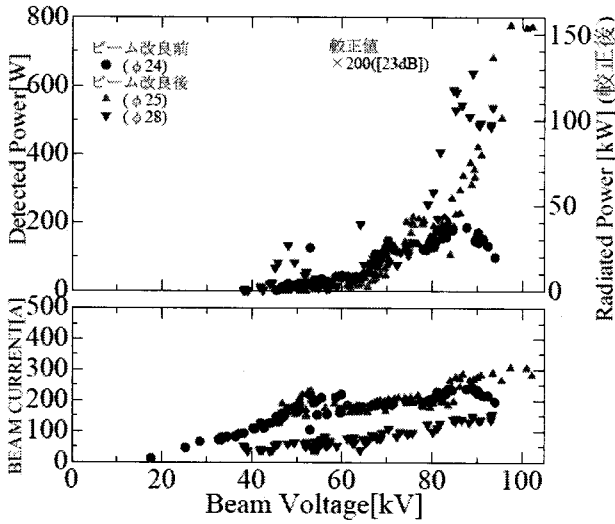


그림 5. 발진 출력값의 변화

빔전류의 크기는 약 100-300A 정도이고 정류 파형은 피크치 800W이며, 빔 에너지는 80kV 부근에서 최대치가 발생되었다. 한편 대구경 지파 도파관의 주파수는 20주기를 이용하였다.

그림 6에는 K-band와 Q-band에서의 발진 출력을 나타냈다. K-band에서 20GHz의 주파수를 이용하였으며 Q-band에서는 40GHz의 주파수를 이용하였다.

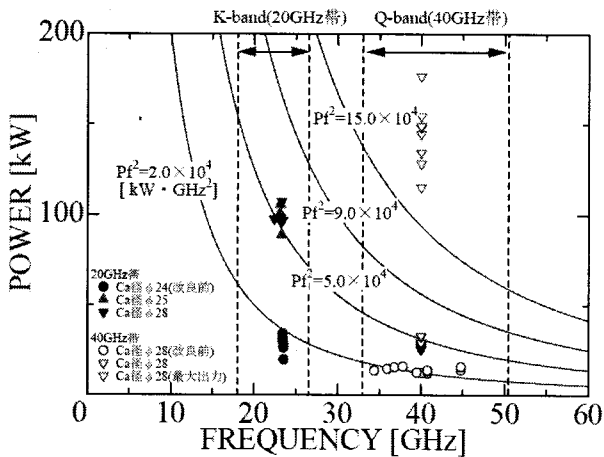
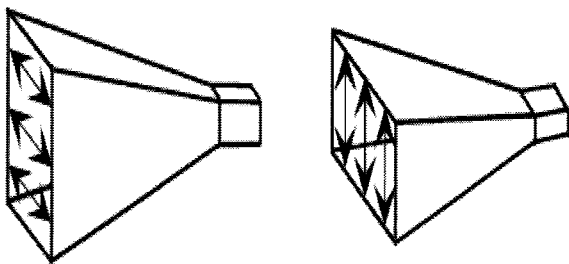


그림 6. 여러 가지 도파관의 발진 출력

결과를 보면 K-band에서는 24GHz 부근에서 최대 출력이 발생한 것을 알 수 있으며 Q-band에서는 40GHz 부근에서 최대 출력이 발생하였다. 출력치 는 대략 20-150kW가 얻어졌다.



(a) TM mode

(b) TE mode

그림 7. 방사 모형에 따른 모드

다음은 마이크로파 출력을 측정하기 위한 안테나를 제작하여 이용하였다. 안테나의 방향은 모드가 다른 형태를 가지며 TM모드는 좌우로 방사되므로 그림 a와 같은 형태다. 또한 TE모드는 상하로 방사되며 그림 b와 같은 형태를 갖는다.

위와 같은 장치를 이용하여 실험함으로써 각각의 모드에 대한 결과를 확인 하였다.

### 3. 결 론

전자빔의 모양을 비교 분석하여 빔 전류를 높게하여 마이크로파 출력을 증대시켰다. 전자빔이 없으면 빔 전류가 감소하지만 전자 빔이 관 벽에 가까이 있으므로 발진 효율이 증가하였다. 마이크로파 출력이 향상된 결과 20GHz 또는 40GHz 부근에서 최대 150kW의 출력이 발생되는 것을 확인 하였다. 빔의 방사 모형에는 TM모드에서 최대칭 모드인  $\text{TM}_{01}$ 가 발생되었으며, TE모드에서는 비축대칭인  $\text{TE}_{11}$ 모드가 발생된 것을 확인하였으며 이로서 모드가 다른 마이크로파가 동시에 발진되고 있다는 것을 확인하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] K.Ogura, R.Yoshida, Y.Yamashita, H.Yamazaki, K.Komiyama, and M. Sakai "Study on Oscillation Starting Condition of K-band Oversized Backward Wave Oscillator Driven by a Weakly Relativistic Electron Beam", J. Plasma Fusion Res. SERIES, vol. 6, p. 703, 2004.
- [2] R.J. Barker and E. Schamloglu, "High-Power Microwave Sources and Technologies, IEEE Press. New York, 2001.
- [3] K.Han, M.I.Fuks, and E. Schamloglu, "Initial Studies of a Long-Pulse Relativistic Backward-wave Oscillator Utilizing a Disk Cathode, IEEE, Trans, Plasma Sci., Vol.30, P. 1112, 2002.
- [4]