

전자빔을 이용한 대 용량 전력 발생 장치 연구

김원섭
전남도립대학

A study of high power generator for electron beam

Won-Sop KIM
Jeonnam Provincial College

Abstract - 지파도파관의 분산관계를 구하기 위해서는 마이크로파 발생 장치의 발진구조 원리에 대한 정확한 분석이 필요하다. 이것은 파를 지연시키는 지파구조와 도파관을 이론적으로 분석 평가해야 하는데 이는 매우 어렵다. 본 연구에서는 이론과 실험을 병행하여 분석하였으며 이는 공진점을 측정하여 분산관계를 확인하는 방법을 통하여 톱니파형 도파관의 전자계특성을 평가하였다.

Key words - 도파관, 전자계특성, 전자빔, 후진파발전기, 마이크로파

1. 서 론

지금까지 대용량 전력을 발생시키기 위한 마이크로파원의 많은 연구가 진행되어 왔다. 그중에서도 후진파 발전기는 쉽게 발전을 일으킬 수 있고 콤팩트한 구조를 가질 수 있기 때문에 여러 가지로 많은 사람이 연구하고 있다. 그 중에서 우리는 비교적 낮은 전자 빔을 이용하여 약한 상대론적 에너지 영역인 100keV이하에서 동작하는 후진파 발전기를 제작 실험하였다. 후진파 발전기는 몇전력 마이크로파원의 하나이며 지파 도파관에 전자빔을 입사시켜 도파관내에서 전자계와 전자빔과의 상호작용에 의하여 전파를 발생시킨다. 본 연구는 톱니파형 도파관을 이용하여 전자파를 지연시키는 동작을 하여 발전특성을 분석하여 지파도파관의 전자계특성을 분석하였다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 분석

후진파 발전기는 전자빔과 전자계의 발진 영역이 부의 영역에서 발전이 일어나며 이에 대한 기본 모델을 그림1에 나타내었다. 음극과 전자계 코일, 지파도파관과 안테나로 구성 되어 있으며 음극전압은 100kV이고 빔전류는 0.5A이며 전자계는 0.89T로 구성되어 있다.

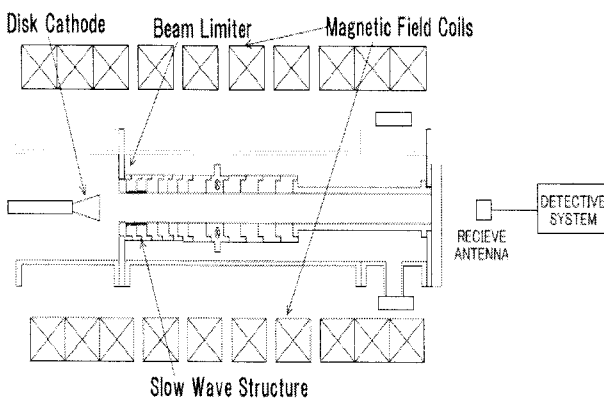


그림 1. 실험장치의 기본모델

위와 같은 장치를 이용하여 파를 측정된 결과 그림 2와 같은 형태의 파가 측정되었다. 1번 채널은 기본적인 신호이고 2번 채널은 지연시킨 파형이며 3,4번의 채널은 빔전류와 빔 전압이다. 이것에서 보면 지연된 파형의 형태 및 모양을 알 수 있다.

그림 3에는 전자 빔을 발생시키기 위하여 실험에 사용한 음극의 형태를 나타내었다. 재질을 스테인레스로 하여 원형을 제작하였으며 다른 하나로 제작하여 원추형으로 하였다. 위와 같은 2종류의 음극을 이용하여 실험

하여 전자빔의 발생 실험을 하였다.

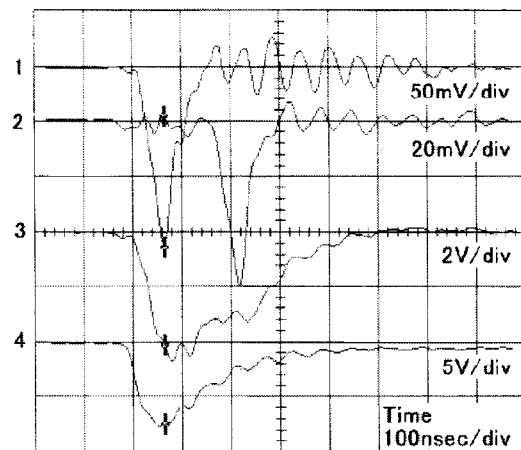


그림 2. 측정 파형

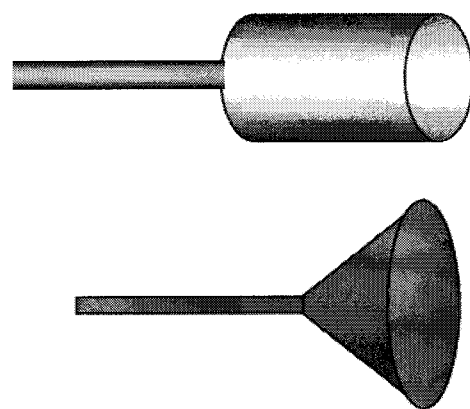


그림 3. 전자빔을 위한 음극

다음은 도파관의 모양을 그림 4에 나타냈다. 톱니파형으로 되어 있으며 두 가지의 형태를 나타내었다. 먼저 R_0 은 평균반경을 나타내며, h 는 진폭을 나타내고, k_0 는 파수를 나타내고, z_0 는 지파도파관의 파장을 나타내었다. 이때 평균 반경은 15.5mm와 진폭은 1.3mm, 도파관의 파장은 3.4mm이고 발진 주파수는 22GHz를 나타냈다. 또한 지파도파관의 직경 D 와 발진 전자파 파장 λ 와의 비 $D/\lambda > 1$ 이 되어 대구경을 제작하였다.

그림 5에는 톱니파형 도파관의 분산관계를 나타냈다. 발진주파수는 22GHz이상에서 발전을 일으키며 파수는 10의부근이고, 전자빔은 80keV부근에서 발전이 일어나는 것을 나타냈다. 도파관에서 방출된 마이크로파는 기본 모드보다는 여러 가지 형태의 방사형태의 특징을 가지며 방출된다. 이

와 같은 방사형태를 그림 6에 나타냈다. 방사형태는 마이크로파의 특징을 나타내며 이것에 의하여 독특한 모드를 알 수 있다.

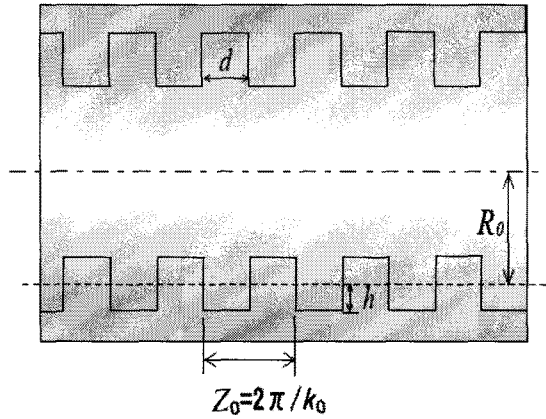


그림 4. 도파관의 모양

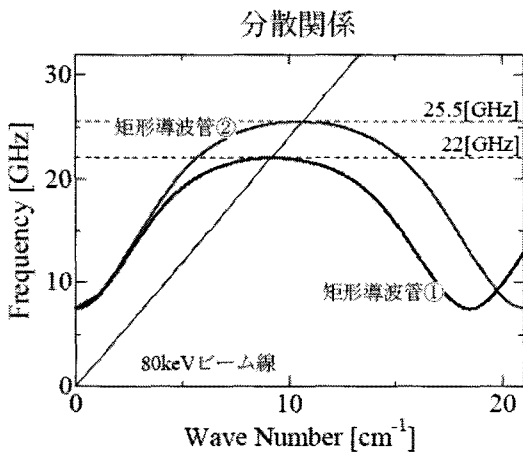


그림 5. 튜니파형 도파관의 분산관계

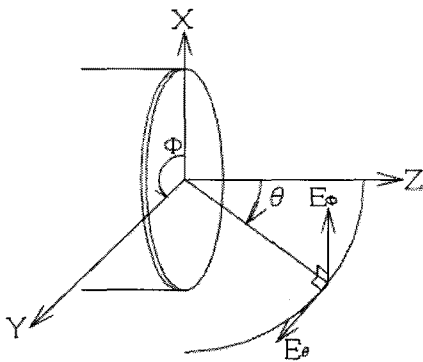


그림 6. 전자빔의 방사형태

위와 같은 지파 도파관과 분산관계를 해석하기 위해서는 마이크로파의 발진 구조에 관하여 정확한 설명이 있어야 한다. 지파구조에 대한 도파관의 이론적인 관계는 설명하기가 대단히 어렵지만 실험에 의하여 지파관의 공진관계를 나타 낼 수가 있다. 네트워크 아날라이저를 이용한 분석에서도 튜니파형의 지파도파관을 이용하여 전자계와의 관계를 설명할 수가 있다. 실험에서 벨 빔을 부착시킨 상태에서 실험 분석은 보다 큰 의미가 있다. 이것은 전자빔의 발생을 부드럽고 좋게하며 감열지에 의한 결과를 얻었다. 다음 그림은 반사계수에 의한 분석을 하였다. 이는 입력 반사계수와 순방향 반사계수, 역방향 반사계수와 역방향 전달계수등에 대하여 나타 내었다. 이

에 대한 결과를 그림 7에 나타내었다.

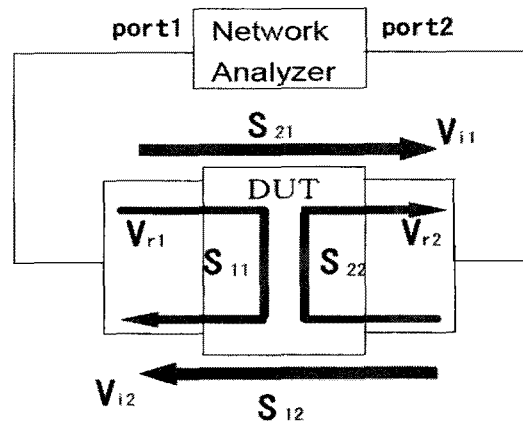


그림 7. 반사계수에 의한 분석

이의 그림을 보면 반사된 계수의 모양을 알 수 있다.

3. 결 론

이상으로 실험결과를 종합하면 파형 도파관의 발진 마이크로파 모드를 제어하여 분석할수 있었으며 블랙 반사에 의하여 출력은 증대되고 약 300kW의 발진 출력을 얻을 수가 있었다. 또한 지파 도파관을 조절하여 적당한 크기로 만들 수 있으며 보다 콤팩트한 도파관을 제작할 수 있었다. 또한 이것을 이용하여 마이크로파의 투과량과 반사량을 우리가 원하는대로 조절이 가능했다.

[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] O. T. Watanabe, K. Ogura, T. Cho, and Md. R. Amin, "Self-Consistent Linear Analysis of Slow Cyclotron and Cherenkov Instabilities, Phys. Rev. E, Vol. 63, p. 6503, 2001