

# 대용량 마이크로파 출력장치의 발진조건에 관한 연구

김원섭, 김종만  
전남도립대학

## A study of high power microwave output oscillation condition

Won-Sop KIM, Jong-Man KIM  
Jeonnam Provincial College

**Abstract :** 전자빔의 산란에 의한 자기 공명현상과 지파 사이크로트론과의 상호작용에 의한 해석에서 체렌코프 발진이 일어나는 것은 확인 하기 위하여 대구경 후진파 발진기를 이용한 실험을 하였다. 전자계와 전자빔의 상호작용을 위한 조절을 위하여 도파관의 반경과 진폭, 파장을 조절하였으며 이에 따른 주파수의 발진을 알수 있었다.

**Key Words :** 전자빔, 지파도파관, 사이크로트론공명, 후진파발진기, 주파수

### 1. 서론

대전력 마이크로파의 발생시키기 위한 장치로서 자이로트론, 마그네트론, 진행파관등 여러 가지가 있는데 우리는 후진파 발진기를 이용하여 연구하였다. 이것은 지파구조를 갖는 도파관을 제작하여 축방향에 전자빔을 입사시켜 전자파의 에너지의 상호작용에 의한 발진을 일으키게 한다. 대전력 및 고주파 발생을 목표로 하여 실험하였다. 실험은 평균반경이 1.445cm이고 진폭은 0.445cm, 파장은 1.67cm를 가지고 실험하여 주파수 약 8.5GHz에서 발진하는 것을 확인 하였다. 또한 도파관의 구경이 파장보다 큰 마이크로파의 것을 이용하였는데 이것을 대구경 도파관이라 부른다. 먼저 해석 방법에 있어서 평면파와 파형 도파관의 내부까지 빔을 확장시켜 레이리의 해석법을 이용한다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험장치 및 해석법

K-band 도파관에서 주기적 경계조건을 갖는 전자빔과

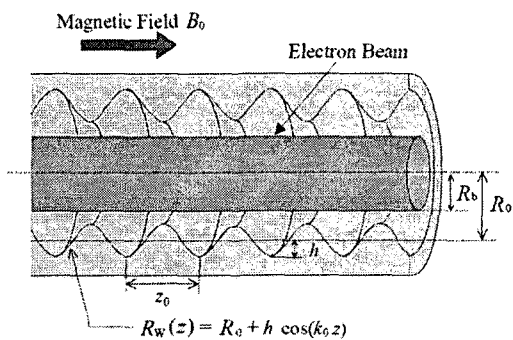


그림 1. 도파관의 해석 모델

전자파가 접촉하면 발진에 대하여 매우 높은 결과를 얻을 수 있다. 이것은 그림 1에 나타난 바와 같이 Rayleigh

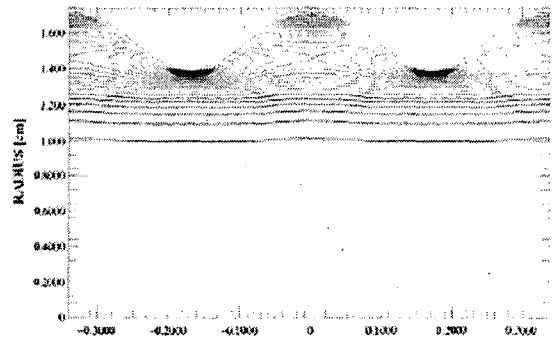


그림 2. K-band 도파관의  $TM_{01}$  모드

Bessel법의 유용성으로 생각할 수 있으며, 전계강도와 반경과의 관계에서 알 수 있다. 이것은 그림에서 보듯이 파장과 진폭의 관계의 비( $h/z_0$ )가 0.5를 넘는 점이 발생된다. 이것은 작은 반경보다 안쪽에 있는 전계의 크기가 비교적 경계 조건을 만족시키는 결과를 나타 낸다. 또한 Rayleigh Bessel법은 전자빔과 전자파의 상호작용을 해석하는데 아주 유용한 방법이다.

다음은 그림 2에 K-band 도파관의  $TM_{01}$ 에 대하여 나타 내었다. 이것을 보면 K-band 도파관에서 보면 체렌코프 나타나 있는데 X-band 도파관에서는 공간 고조파로서 나타나 있다. 이것에 대하여 변형 Bessel함수를 이용하여 대구경 도파관의 해석을 할 수 있었다.

그림 3은 K-band 도파관의 Rayleigh Bessel법의 모드에 대하여 나타내었다.

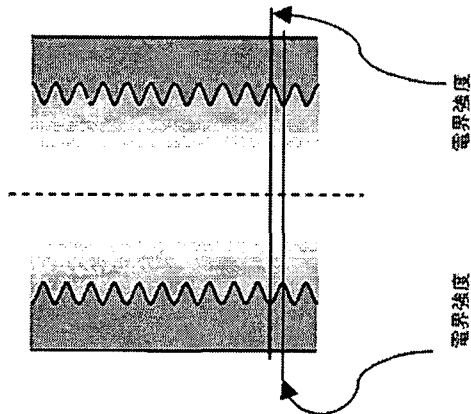


그림 3. K-band 도파관의 Rayleigh가설법

그림 4는 전자파의 시간에 관한 의존성을 나타내었다. 이것을 보면 축대칭 방향 모드는  $m=0$ 에서 전자파의 표면파에 의하여 회전을 하지 않으며, 비 축대칭( $m \neq 0$ ) 모드에서는 전자파의 표면파가 회전하는 것을 알 수 있다.

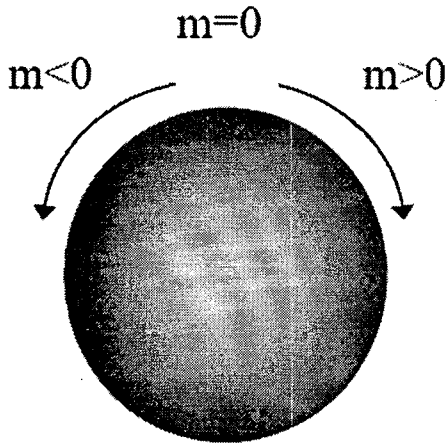


그림 4. 축 대칭방향 모드

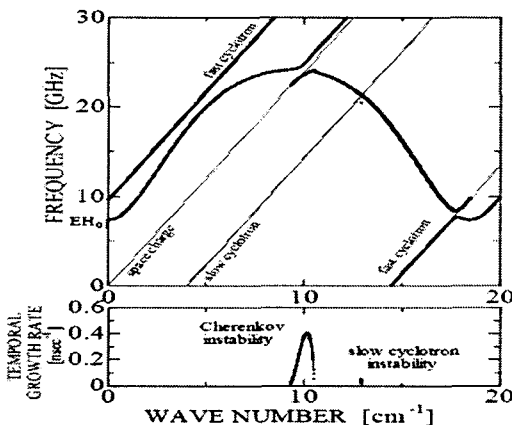


그림 5. 축방향 모드의 분산관계

다음은 그림 5에 축방향 모드의 분산관계를 나타내었다. 이것을 보면 K-band 도파관에서 파수와 주파수 및 시간적 성장률을 나타내었다. 여기서 볼 때 주파수는 20GHz대에서 공간적 성장률에 의하여 순서적으로 진행파관의 영역, 후진파 영역, 진행파 영역으로 알 수 있다. 아래의 그림과 비교하여 볼 때 체렌코프 불안정성과 지파 사이크로트론 불안정성을 알 수 있다.

### 3. 결론

위와 같이 판단할 때 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 대구경 도파관에 대한 3차원적인 해석을 할 수 있었으며, 도파관에서의 상호작용은 전자파의 회전 방향의 영향을 거의 받지 않는 것으로 나왔다. 이것은 축대칭 방향이나 비축대칭 방향이나 모두 같은 결과이다. 낮은 자계에 대한 지파 사이크로트론 불안정성은 빔 모드의 형태에 의하여 형성되며, 전자파에 의한 것은 거의 없는 것으로 확인 되었다. 후진파 발전기에서 냉 음극을 사용하면 산란을 피할 수 있으며 보다 안정적인 발전을 얻을 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] R.J. Barker and E. Schamloglu, "High-Power Microwave Sources and Technologies, IEEE Press, New York, 2001.
- [2] 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.
- [3] 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