

원통형 전자빔의 지파 불안정성 연구

김원섭
전남도립대학

A Study of Slow wave Instability of Annular Electron Beam

Won-Sop KIM
Jeonnam Provincial College

Abstract -- 대전력 마이크로파 발생장치에서 적당한 두께를 갖는 원통형 전자빔의 모델을 이용하여 플라즈마에 의한 고유 모델 및 전자빔과 전자파의 상호작용의 기본적인 특성에 대하여 해석하는 것을 연구하였으며, 전자빔의 표면에서 일어나는 여러 가지 현상을 연구하였다.

1. 서 론

마이크로파 출력장치는 발생된 전자빔과 전자계에 의한 상호작용에 의하여 에너지의 교환에 의한 상호 발전 작용에 의하여 대 출력을 발생시킨다. 이러한 모형은 후진파 발전기에서 매우 유용하게 이용할 수 있는데 대 전력 마이크로파원으로서 지파도파관내에 전자빔을 축 방향에 입사하는것에 따라 발전이 일어난다. 지금까지의 원주형 전자빔은 두께가 매우 얇은 원형 모양의 전자빔을 이용했으나 이에 대한 해석과 실험 결과를 볼 때 전자빔의 형태와 빔의 두께가 매우 큰 작용을 하는 것을 알았다. 따라서 본 연구에서는 원통형 전자빔을 이용한 해석을 하여 대 출력과 고 효율을 발생시키는 결과를 얻었다.

2. 본 론

전자빔의 형태와 표면에서의 모양은 전자빔이 수직방향의 동작과 표면전하로서 표시된다. 원통형 전자빔은 하나의 경계면을 가지며 속이 비어있는 컵 모양의 원형의 전자빔은 두개의 경계면을 갖는다. 그림 1에 전자빔의 모형을 나타냈다. 그림에서 보면 내부가 비어있는 원통형 전자빔은 안쪽의 표면 전하의 영향이 매우 큰 것으로 생각할 수 있다.

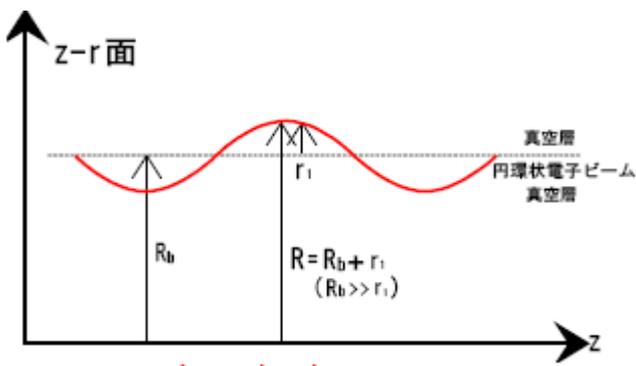


그림 1. 전자빔의 모형

다음 그림 2에는 설계한 원통형 전자빔의 모형과 해석 모델을 나타냈다. 진공관내에서 빔이 발생되며 이때 영향을 받는 것은 도파관 반경과 유전체 내경, 전자빔의 내외 반경 및 전자빔의 두께, 그리고 사이클로트론 주파수 등에 영향을 받는다. 이것에서 보면 전자 빔 속도도 영향을 받는 것을 나타냈다. 도파관과 전자 빔의 파라메타는 반경은 1.445[cm], 두께는 0.85[cm]이고 비유전체유전율은 1.0이며 빔에너지는 660[keV], 빔 전류는 2.3[kA]이다. 전자빔의 분산식을 돌출하기 위하여 마르쿠스 방정식을 이용하였으며 진공중의 고유 모드와 유전체의 고유모드, 전자빔의 고유 모드등을 이용하여 경계조건에서 전자빔의 내외의 공간과 유전체간의 벽면에 대한 것을 이용하여 분산식으로 계산에 이용하였다. 그림 3에 플라즈마에 의한 고유 모드의 해석을 나타내었다. 가로는 주파수를 나타내고 세로는 파수를 나타내고 있다. 이것에서 보면 TM모드와 TE모드를 알 수 있으며 주파수와와의 관계를 알 수 있다.

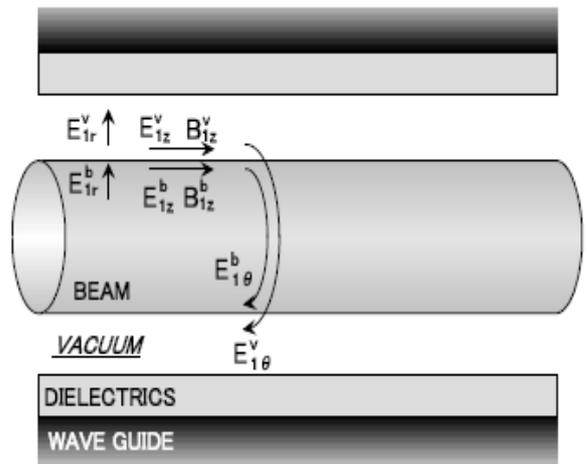


그림 2. 전자빔의 모형

전자빔이 잘 발생하기 위하여 다이오드의 동작의 개선이 필요하다. 지금까지의 형태와 다른 모양의 다이오드를 제작하여 실험하였으며 그림 31에 설계 제작한 다이오드의 형태를 나타냈다

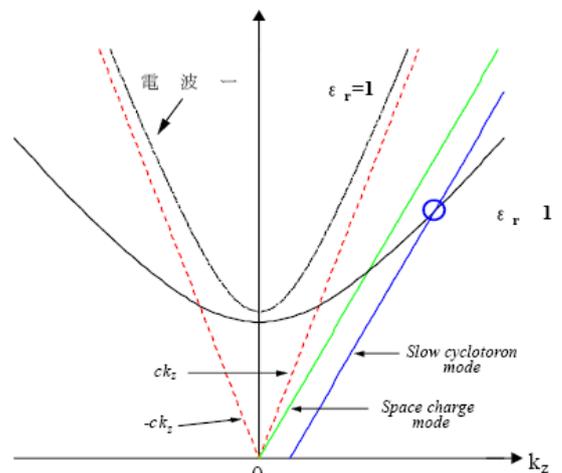


그림3. 도파관의 분산관계

위와 같은 형태의 다이오드에서 전자빔의 발생과 개선된빔의 형태를 알 수 있다. 다음은 다이오드에서 전자방출 효과를 높이기 위하여 다이오드의 표면에 유전체 조직을 부착하여 약한 전계에서도 전자방출이 용이하도록 하였다. 이에 대한 모형을 그림 42에 나타냈다. 그림에서 보면 다이오드 표면에 돌기가 있는 얇은 용과 같은 유전체를 부착하여 실험하였다. 전자의 방출 방법은 전극간의 강전계에서 음극표면에 생성되는 고밀도 플라즈마에 의한 링 전자를 방출한다. 음극에서는 플라즈마가 만들어지는것과 함께 균일한 전자 빔의 생성을 위하여

플라즈마 전자 방출면을 일정한 상태로 유지하는 것이 중요하다. 플라즈마 생성 방법은 표면에 미세한 돌기가 금속증발을 일으켜 플라즈마가 생성된다. 다음은 제작한 다이오드를 이용하여 전자 방출 실험을 한 결과인데 실험에서 이용되는 유전체는 소모품이며 가열에 약하기 때문에 긴 펄스 발생에 이용하는것은 어려움

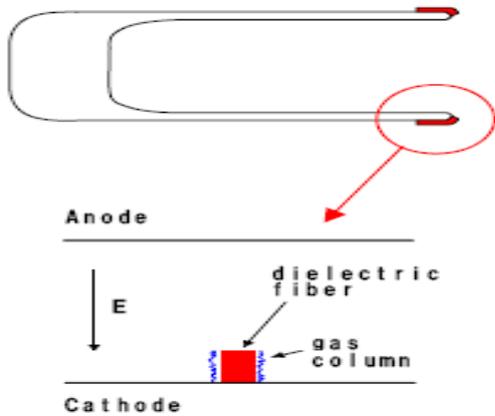


그림 4. 다이오드의 제작

이 많다. 음극의 형태가 여러 가지 있지만 이번에 이용한 컵 모양의 음극은 그림 3과 같이 빔의 형태가 발생되었다. 그림에서 보면 유전체를 이용했을 때와 이용하지 않았을 때의 차이가 확연히 구별되어 나타났다. 유전체를 다이오드에 부착하여 사용했을 때는 보다 깨끗한 모양의 전자빔이 발생하였으며 이중 구조가 아닌 일정한 모양이 발생 되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 짧은 길이에서 어느정도의 두께를 갖는 원통형 전자빔의 모델에 대하여 고유 모델과 전자빔의 전자파간의 상호작용에 대하여 분석 해석하였다. 원통형 플라즈마에 대하여는 안쪽과 바깥 쪽이 다른 경계조건을 갖는 관계로 밀도와 외부 자계에 대한 차이가 있었다. 상호작용의 해석에 대하여는 낮은 자계 영역에서도 표면파의 모드가 발생된것을 알았다. 이것은 장치 대 출력마이크로파 발전기의 제작에 큰 영향을 줄것으로 여겨진다.

[참 고 문 헌]

- [1] K. Ogura, Y. Miyazawa, H. Tanaka, Y. Kiuchi, S. Aoyama, A. Sugawara, Plasma and Fusion Research, 2, S1041, 2007.
- [2] K. Ogura, et al., J. Plasma Fusion Res. 6, 703, 2004.
- [3] S. Aoyama et al., Trans. Fusion Sci. Tech. 51, 325, 2007.
- [4] B.J. Barker and E. Schamiloglu, High-Power Microwave Source and Technologies, IEEE, Press, Net York, 2001.