

대출력 Triode 개발을 위한 실험적 기초연구

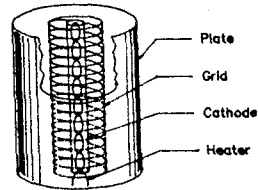
*조연옥, 김강욱, 김희재, 강욱
한국전기연구소

Experimental Study for the Development of High Power Vacuum Triode

Yun Ok Cho, Kang Wook Kim, Hee Je Kim, Wook Kang
KOREA ELECTROTECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

Abstract

This paper presents the test results of a model vacuum triode for the development of high power triode. The construction and test performance of the tube are included.



a)

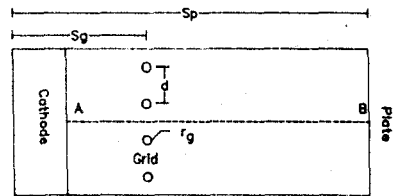
1. 서 론

진공튜브는 전력기기 분야에 널리 응용되어 중요한 역할을 하고 있다. 즉, 파워 Triode는 rf출력 증폭에 쓰이고, Thyatron은 고출력 스위칭에, Klystron 및 Magnetron은 초단파 발생기에 쓰이고 있다. 그러나 광범위한 응용에도 불구하고, 국내에는 제작에 필요한 know-how를 전혀 갖지 못한 상태이다.

따라서, 본 연구에서는 모델 진공 Triode를 설계하고 분석한후, 모델 Triode를 제작하였다. 즉, 이론적으로 튜브를 분석하고, 컴퓨터를 사용하여 유한 요소법으로 튜브내의 전위 분포를 알아보고, 모델 튜브를 제작하여 실험을 하였다. 실험시 발생한 여러문제들을 분석하여 실제 튜브제작시의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

2. 모델 진공 Triode의 구조

그림 1은 모델 진공 Triode의 구조를 보여준다. 음극은 직경 1mm의 Thoriated tungsten선을 단단히 감아 직경 12mm의 원통으로 만들었으며, 그리드는 직경 1mm의 선으로 직경 30mm의 나선형으로 선간격이 4mm 되게 감았으며, 플레이트로는 Ni판으로 직경 80mm,높이 70mm인 원통을 사용했다. 음극을 가열하기 위하여



b)

그림 1. 모델 진공 Triode의 구조

터 텅스텐 선을 석영관에 감고 그위에 절연을 위하여 액체 Alumina를 입혔다.

입.출력 단자용으로 7개의 feedthrough를 마련했고 전국 지지를 위해 Alumina를 사용했다.

3. 모델 진공 Triode의 분석

진공튜브의 분석을 위해 Conformal Transformation을 사용하여 전위,전계 분포계산을 함으로써 증폭계수등 중요한 튜브의 특성 계수를 구하는 방식이 있다.[1] 여기서 얻어진 결과식을 본 모델 Triode에 적용하면 다음과 같다. 즉, 그림 1에서 그리드가 나선형일때 차폐비(screening fraction) S를 다음과 같이 둘 수 있다.

$$S = \frac{1}{\pi} \frac{r_g}{s_g} \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi s_g}{d}\right)^2} \quad \text{--- (식 1)}$$

이때, s_g 가 약 0.250이므로 적용되는 증폭계수식은 고이득 증폭계수식인 Ottendorf의 두번째 근사식인

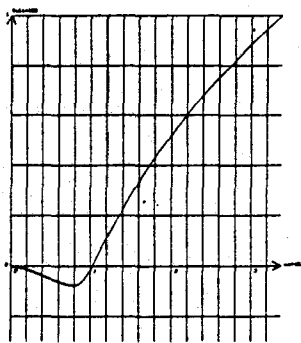
$$\mu = \frac{\frac{2\pi s_g \ln(s_p/s_g)}{d} - \frac{1/2 (\pi S)^2}{1+1/12(\pi S)^2}}{-\ln(\pi S) + \frac{1/4 (\pi S)^2}{1+1/12(\pi S)^2}} \quad \text{(식 2)}$$

를 통해 증폭계수 $\mu=58.8$ 을 얻는다.

또한 모델 진공 Triode를 분석하기 위해, 본 연구소에 있는 Flux2D 프로그램으로 유한 요소법을 써서 튜브내의 전위 분포를 계산했다. 음극은 전위 0, 플레이트는 전위 100, 그리드는 전위값을 변화시켜 하여 튜브내의 등전위 분포와 반경방향 전위분포를 그려보았다. 그림 2는 그 계산의 일례인데, a는 그리드 전위가 -10일때의 등전위 분포를 그린 것이고, b는 반경방향(그림 1에서 A-B간)의 전위분포를 그린 것이다. 여기서 보면 음극에서의 전위경사가 커서, 음극에서의 열전자가 전위장벽을 넘기 힘들 것이다. 그리드의 전압이 점점 상승함에 따라 전위장벽은 낮아질 것이고, 그 장벽을 극복한 전자들이 플레이트



a)



b)

그림 2. 모델 진공 Triode 내의 a) 등전위 분포 b) 반경방향 전위분포

에 도달할 것이다. 또한 그림 20에서 알 수 있는것은 그리드에 의해 플레이트의 전압이 잘 차단되어, 고이득 증폭 튜브임을 알 수 있다.

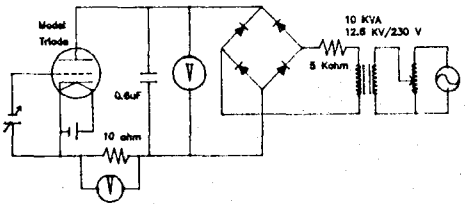


그림 3. 모델 진공 Triode 특성 파악을 위한 회로도

5. 모델 진공 Triode 제작과 실험

모델진공 Triode의 특성파악을 위한 회로도는 그림 3과 같다. 플레이트의 전원으로서는 15KV, 2A DC 전원을 제작 사용하였고, 히터의 전원으로서는 50V, 30A DC 전원을 사용하였다. 모델 튜브의 진공을 4×10^{-6} Torr정도로 한후 튜브내부를 건조시키기 위해 3시간에 걸쳐 히터 전류를 서서히 증가시켰다. 이때 Penning Gauge의 눈금이 1×10^{-6} Torr이하로 떨어졌으므로 10^{-7} Torr의 진공상태에 있다고 생각할 수 있었다.

그림 4,5는 각 플레이트 전압, 그리드 전압에서의 플레이트 전류를 그린것이다.

그림 5에서 대략적인 증폭계수 μ 를 구해보면 $\bar{\mu}$ 간에 플레이트 전류가 일정하므로

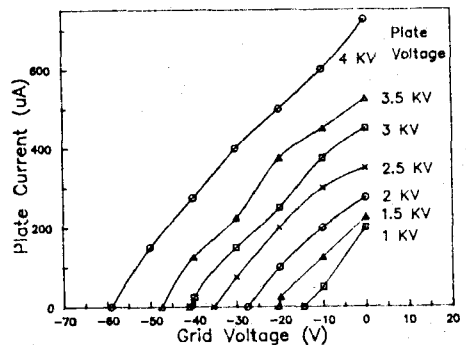
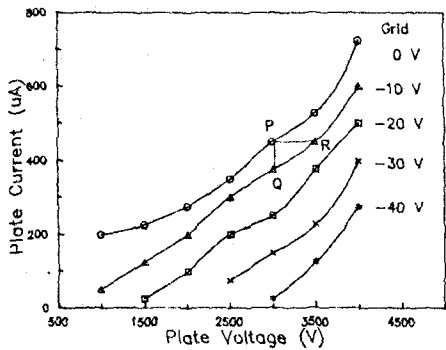


그림 4. 그리드 전압 대 플레이트 전류의 특성곡선



5. K.Holm ; "Behaviour of High-Power Tetrodes at High Frequencies", 1987, Brown Boveri Review 6-87, pp 308-313

그림 5. 플레이트 전압 대 플레이트 전류의 특성곡선

$$\mu = - \left. \frac{\Delta V_p}{\Delta V_g} \right|_{I_p, \text{const}} = - \frac{500}{-10} = 50$$

을 얻어 이론에 의한 계산식 식 2의 결과와 유사함을 알 수 있다.

6. 결 론

산업적으로 광범위하게 응용되고 있는 대출력 진공튜브의 연구를 위해 모델 진공 Triode를 설계, 분석, 제작, 실험하였다. 즉, 튜브의 이론적 분석 혹은 컴퓨터를 통해 분석하는 것이 가능함을 보여주었고, 튜브의 제작시 발생하는 문제점들을 분석하였다. 따라서 본 연구에서 얻은 경험과 자료들을 바탕으로 대출력 진공 Triode개발이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

1. Karl R. Spangenberg ; Vacuum Tubes, 1948, McGraw-Hill Book Co.
2. Austin V. Eastman, M.S. ; Fundamentals of Vacuum Tubes, 1949, McGraw-Hill Book Co.
3. Harrison, N.J. ; RCA Transmitting Tubes, 1956, Radio Corporation of America
4. H.U.Boksberger, J.Wyss ; "1 MW Short-Wave Amplifiers for Plasma Heating in Lawrence Livermore National Laboratory, U.S.A.", 1986, Brown Boveri Review 5-86, pp 235-8