

# 진공관의 흥망성쇠와 최근의 동향

The prosperity and decay of vacuum tubes and its current status

## 목 차

- |              |            |
|--------------|------------|
| 1. 처음에       | 3. 최근의 개발에 |
| 2. 진공관의 흥망성쇠 | 4. 끝맺음     |



曹圭心\*

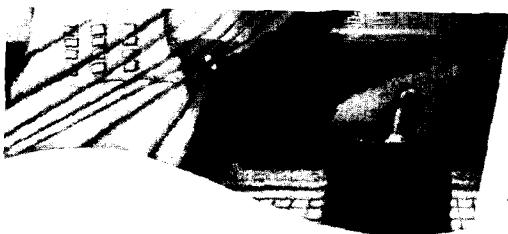
Cho, Kyu Shim

## Abstract

Vacuum tubes are electron tubes in which the motion of electrons are utilized. There are many kinds of vacuum tubes, e.g. diode tubes, triode tubes, pentodes, multi-tubes and etc. Generally accommodated in glass tube, its electrodes can be seen easily from outside and it easy to understand. In 1884 Edison discovered a current flow in the vacuum tube. He could not, however, explain this phenomenon. This is called Edison effect. In 1904 Fleming developed the backup for the practical diode theory. The most important milestone in this early history of electronics came in 1906 when De Forest put a third electrode (a grid) into the above, and thus invented the triode tube. It is 90 years since the triode was invented by De Forest (as of 1996) and 100 years (centennial also as of 1996) since the specific electric charge  $e/m_0 \approx 1.7589 \times 10^{11} [C/kg]$  was confirmed by the English scientist Thomson in 1896.

On the occasion of the 90th and 100th anniversary of these inventions and discovery, I would like to describe the rise and fall of the vacuum tubes and the current status of these tubes.

\*전기통신기술사, 공학박사, 동아엔지니어링(주) 기술고문



## 기술해설

### 1. 처음에

종래, 전기기술은 전기를 광원(光源), 열원(熱源), 동력원(動力源) 등에 이용한다는 면을 중심으로 하여 발달해 왔지만, 특히, 최근에 있어서의 전자공학(電子工學)의 급격한 발전에 의해, 라디오·TV·전신·전화 등 뿐만 아니고, 정보(情報)를 전기신호로 해서 전송(傳送)하는 기술, 또, 전자계산기 등과 같이 이것을 이용하는 기술 등으로서도 획기적인 진보를 하였다.

이것은 전자공학에 관한 이론의 진보뿐만 아니라, 종래는 진공관(전자관)이나 방전관(放電管)을 주로 하고 있던 전자기기가 금세기 후반 이르러, 트랜지스터(transistor)로 시작하는 각종의 반도체 소자의 발명에 의하여 개량되고, 여기에 더하여 마이크로파 기술 또는 펄스파(pulse wave) 기술 등의 확립에 의해 레이더에서 자동제어기기 등이 개발되었기 때문이며, 그것들은 지극히 넓은 내용을 포함하고 있기 때문에, 응용의 분야도 갈수록 확대되고 있다.

여하이 정교하게 되어있는 전자기기라도 전부가 진공관(전자관), 트랜지스터 등을 주체(主體)로 하고, 저항기, 코일, 콘덴서 등의 회로소자를 조합(組合)해서 이루어져 있다.

따라서 이것들의 동작을 이해하기 위해 가장 기초가 되는 것은 전자현상(電子現象)이다.

전자(電子)란 말은, 1872년 영국의 스토니(G.J.Stoney)가 처음 사용했지만, 직접 유리(遊離)하고 있는 전자를 잡은 사람은 영국의 크룩크스(W.Crookes)였다.

그리고, 전자의 전하(電荷)  $e[C]$  와 질량  $m[kg]$ 의 각각의 값이 수많은 사람들에 의해 측정되기 전에, 전하  $e$ 와 정지질량(靜止質量)  $m_0$ 의

의 비(比), 즉, 전자의 비전하(比電荷)  $e/m_0$  [ $C/kg$ ]이 측정되었다.

현재, 전자의 비전하로서는,

$$\frac{e}{m_0} = 1.7588 \times 10^{11} C/kg$$

가 일반적으로 사용되고 있다.

위의 측정치를 계산해낸 사람은 영국의 천재 과학자 Thomson이었다. 그가 이 수치를 계산해서 확인하고 발표한 것이 1896년이었음으로 지금부터는 꼭 100년전 (1996을 기준으로 한다면)이 지난 셈이다.

위의 식에서 알 수 있듯이 전자의 전하를 어떤 방법으로든 측정할 수만 있다면, 그의 질량을 알아낼 수 있다.

전자의 전하  $e$  [ $C$ ]의 측정에서 최초로 좋은 값을 얻은 것은 R.A.Millikan (밀리칸 미국인)이며, 그 이후 많은 사람들에 의해서 점점 정밀도가 높은 값이 측정되어 현재 다음에 표시하는 값이 일반으로 사용되고 있다.

$$e = 1.602 \times 10^{-19} C$$

이 전자의 전하  $e$ 의 값이, 얼마나 작은 값인가는 다음의 구체적 예에서 알 수 있다.

즉, 100V, 100W의 백열전구(白熱電球)에 1A의 직류가 흐르고 있는 경우, 휘라멘트의 속을 1초 동안에 통과하는 전자의 수는,

$$\frac{1}{1.602 \times 10^{-19}} = 6.24 \times 10^{18} 개$$

로 된다.

전자의 질량은 자연계에 있는 입자(粒子)중에

서 가장 작은 질량이며, 직접 측정하는 것은 대단히 곤란하다.

그러나, 전자의 전하  $e$ 와 비전하  $e/m_0$ 의 값으로부터 계산할 수 있다.

전자가 정지하고 있을 때의 질량과 운동하고 있을 때의 질량은 다르지만, 현재 전자의 정지질량  $m_0$  [kg]으로서 다음에 나타내는 값이 일반적으로 사용되고 있다.

$$m_0 = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

3극관은 주지하는 바와 같이 음극, 격자, 양극의 3개의 전극으로 구성된 진공관이다.

보통, 격자는 음극에 대해서 부전위(負電位)로 하여 사용되며, 격자전위는 거의 0(zero)이다. 격자전압의 미소(微小)한 변화로 양극전류가 크게 변한다는 증폭작용을 가지고 있는 이 진공관은 증폭기 또는 발진기로 사용된다.

이 기회에 즈음하여 진공관의 역사를 개관해 보기로 한다.

최근에는 보통, 진공관을 전자관(電子管)이라 부르기도 한다. 또, 진공관(전자관)의 일부인 방전관에 관해서는 일부의 내용만을 여기에서 소개하고 나머지 내용은 생략하기로 한다.

2극관의 현상은 3극진공관의 발명보다 먼저 1883년에 에디슨(Edison)에 의해 발견되었으나, 왜 전류기가 2극관 속을 흐르는지에 대해서는 알지 못했다.

그는 발명가였으며, 자연의 진리를 탐구하는 과학자는 아니었고, 당시의 과학지식으로서는 누구도 설명할 수 없는 현상이었다.

이것이 에디슨(Edison) 효과라 일컬어지고 있는 것이다.

수 년 후인 1900년대에 이르러 영국의 플레밍(Fleming)이 이 현상에 이론을 뒷받침하여 2극진공관을 실용화하였다.

그 후에 계속해서, 2극관, 3극관에 뒤이어, 4극관, 5극관, 다극관(多極管), 복합관(複合管)으로 진공관은 독보적이면서도 다양화의 길을 걸어왔다.

진공관(전자관)의 기능은 발진, 증폭, 검파, 정류, 변복조, 스윗칭, 이미지변환, 전자증배(電子增倍), 활상(撮像), 영상(映像), 표시(表示) 등으로 확대하면서 통신, 방송관련 분야에서 높은 지위를 획득하였다.

무선통신이 점차로 고주파(高周波) 영역으로 올라감에 따라 진공관도 여기에 상응해서 판극관(板極管)이 발명되고, 나아가 1920년대로부터 1940년에 걸쳐서 마그네트론, 크라이스트론, 그리고 진행파관등 소위, 마이크로파관이 발명되어서 발생할 수 있는 주파수도 대폭으로 높아지고, 레이더 또는, 마이크로파(microwave)에로 또 다시 응용의 길이 열리게 되었다.

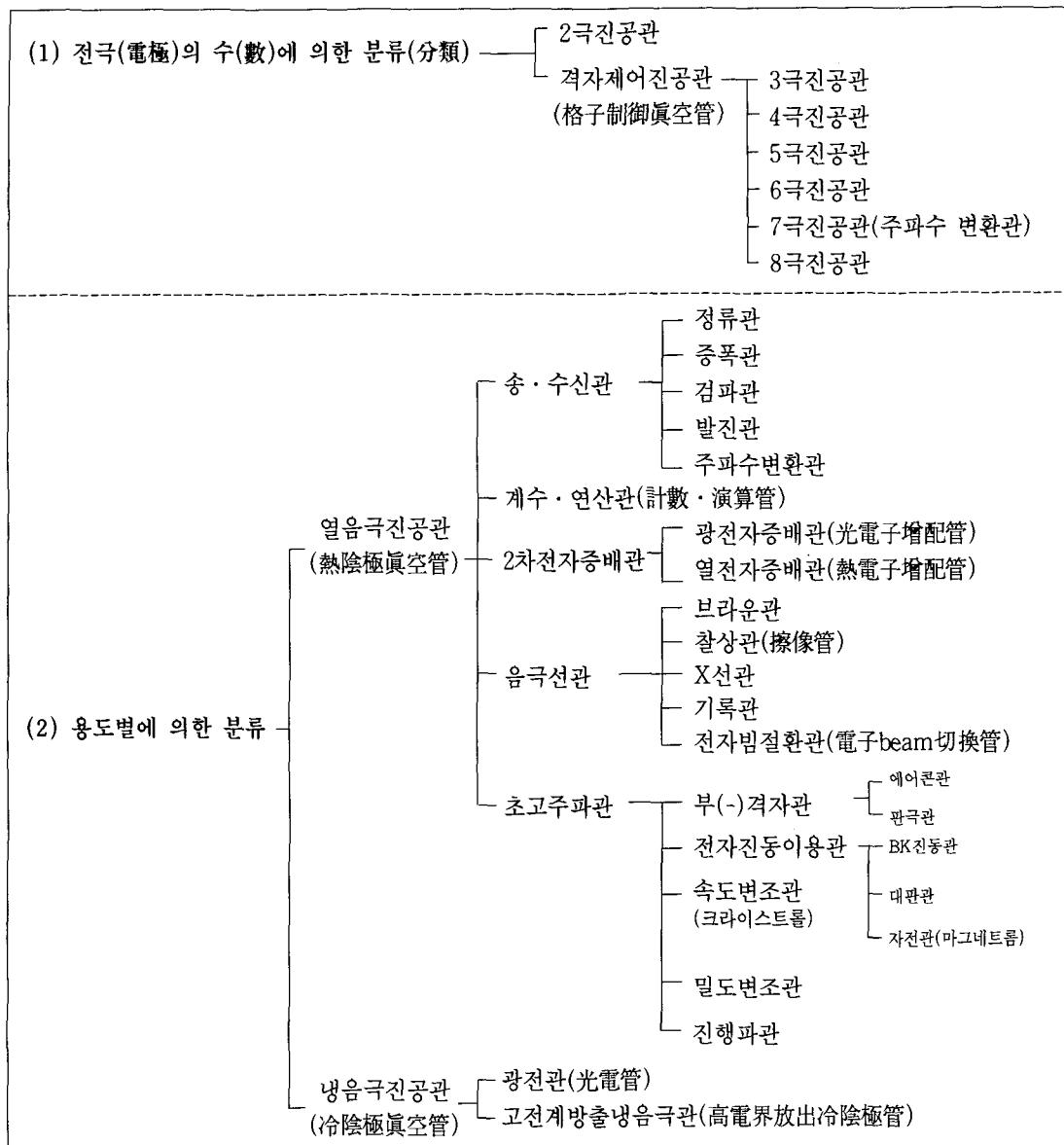
진공관(전자관)이 이렇게 독보적인 발전을 거듭하며 나아갈 때인 1948년에 이르러 미국에서 트랜지스터(transistor)가 발명되어 이 고체 디바이스(solid device)의 개발이 진전함에 따라 진공관(전자관)은 이 고체 디바이스와 경합의 시대로 들어가게 되었다.

이하 몇 가지의 진공관(전자관)에 대해서 용도별로 그 흥망성쇠(興亡盛衰)를 설명한다. 진공관(전자관)의 분류는 여러 가지로 한다. 그 한 예를 표시하면 <표 1>과 같다.



기술해설

〈표 1〉 진공관의 분류



## 2. 진공관의 홍망성쇠

### 2.1 통신, 방송관련의 진공관(전자관)

통신, 라디오, TV 방송용의 수신관은 송신관과

는 정반대로 미니어쳐관(miniature微小管), 서브미니에이쳐관(subminiature極微小管) 등 점검 소형화로 향해 나아갔으나 경박단소(輕薄短小)이어야만 하는 수신관으로서의 요구에 충분히 응하지

못했다. 또 음극의 가열(발열)도 수신관의 큰 결점중의 하나였다.

수신용 진공관(受信用真空管)은 1960년 말경을 피크로 급속히 고체 디바이스에 자리를 양보하고, 시장에서 모습이 사라졌다. 오디오(audio) 관계의 시장도 일시적으로 애호가의 지지를 받기는 했으나, 지금에 이르러서는 완전히 쇠퇴해버렸다.

송신용 진공관(送信用真空管)은 통신기, 중파·단파(中波·短波)의 라디오 또는, VHF·UHF대의 TV 방송의 송신에 불가결의 진공관(전자관)으로서 널리 사용되었으나, 이 분야도 점차로 고체화가 진행되어, 현재는 장치의 보결용으로 사용되고 있는 것에 지나지 않다. 장치의 경신과 더불어 전체가 고체화되는 날도 멀지 않았다.

마이크로파 통신회선에 사용된 반사형 크라이스터론도 사명을 다한 진공관(전자관)이다. 중출력(中出力)의 마이크로파 진행파관도 TV 중계, 마이크로파 통신회선에서 한 때는 크게 융성했었으나, 그 후 급속히 시장을 잃었다. UHF TV 방송 용으로 개발되어 대량으로 사용되는 고출력 진행파관, 고효율 크라이스트론도 이미 고체 디바이스에 시장을 양보하고 있으며 일부에서 보완으로 쓰이는 것을 제외하고는 신규의 요구는 없다.

진행파관은 통신·방송위성의 탑재용, 지구국용에 활로(活路)를 찾아냈다. 탑재용의 진행파관은 기대수명도 10년을 넘게되고, 효율, 크기, 무게에 대해서 고체 디바이스보다 우수하다. 촬상관(撮像管)은 옛적에 TV 방송에 중요한 역할을 수행했으나, 이미 시장을 CCD에 인도하고 있다.

## 2.2 영상, 표시용의 진공관(전자관)

흑백(黑白)으로부터 출발한 영상관(映像管)은 얼마 안되어 컬러화가 되어 많은 개량이 가해져

서 사업적으로 크게 발전했다.

현재, TV용의 CPT(Color Picture Tube), 퍼스컴용의 CDT(Color Display Tube)로서 많은 필요에 응하고 있다. 여기에 더해서 종횡비(縱橫比) 4 : 3으로부터 16 : 9의 횡장형(橫長形)으로, 또 하이비죤을 대상으로 하는 고정세외(高精細化)로 전개를 도모하고 있다.

편향각(偏向角)을 증대함으로써, 영상관의 안쪽 길이를 단축하는 노력이 계속되어 왔다. 최근에는 휘도(輝度), 코트라스트, 연색성(演色性) 등의 성능이 크게 개선한 마이크로 필터관(후에 설명)의 발명이 있다.

영상관은 액정표시 디바이스, 프라스마 디스플레이 패널(PDP) 등과 경합하고 있다. 두께를 가지고 볼 때에는 이것들의 디바이스에 이길 수 없으며, 특히 후자와는 화면의 크기에서 대항할 수 없다.

그렇지만, 영상관은 가격 대 성능(價格對性能) 또 품질의 면에서 현재 아직도 높은 지위를 유지하고 있으며, 계속 다른 디바이스와는 엄연히 구별을 유지할 것이다.

대화면화(大畫面化)의 노력의 예로써 투사관(投射管)의 실용화를 들 수 있다. 관측용 브라운관은 주기적인 현상 또는 고속현상의 표시에 현재도 널리 사용되고 있다. 이 외에 스트리크관, 후레밍관 등 특수표시관이 살아남아 있다.

## 2.3 레이더 송신용의 진공관(전자관)

이러한 목적으로 실용화된 주된 진공관(전자관)에는 마그네트론, 크라이스트론, 진행파관이 있다.

저출력의 펄스 마스네트론은 지금도 소형 선박용에 널리 사용되고 있으며, 진행파관은 그 광대역의 성질 때문에 주로 방위관계의 용도에 사용되



## 기술해설

고 있다.

공항레이다, 기상레이더에서는 마그네트론과 크라이스트론등 전공관(전자관)끼리의 경합이 있으며 특히, 고기능의 장치에서는 크라이스트론과 같은 증폭관이 우위에 있다.

### 2.4 센서용의 진공관(전자관)

방전관의 일종인 인코어 모이터관은 원자로 내의 엄중한 중성자환경, 열환경(熱環境)에 견대는 유일의 중성자검출 디바이스이다.

2차전자증배관, 광전자증배관, 광이미지(light image)증배관의 일종인 암시관 등은 특수한 분야 이기는 하나, 현재 필수적으로 사용되고 있다.

### 2.5 의료용(醫療用)의 진공관(전자관)

X선관은 방전관에서 출발하여 1913년에 개발된 구릿지관 이후에는 내부를 진공으로 한 것으로 변하고 있다.

의료 이외에 비파괴검사, 분석, 도금두께의 계측 등 공업용으로도 응용의 길을 넓히고 있다. X선관은 당초는 양극(陽極)의 한점(1点)에 전자를 조사하는 고정양극관(固定陽極管)이었으나, 고선량화(高線量化)의 요구에 응해서 양극(陽極)을 회전시킴으로써 타깃(target)상의 원주를 따라 전자빔을 조사(照射)할 수 있는 회전 양극 X선관으로 발전하고 있다.

회전 양극 X선관의 축받이(軸受)에는 전적으로 납 또는, 은도금(銀道金)을 실시한 볼베어링을 사용하고 있다.

근년에는 액체금속의 동압(動壓)을 이용한 회전축받이(回轉軸受)가 개발되어 그것을 조입(組入)한 새로운 액체유활X선관(후에 설명)이 개발되어 있다.

광영역의 이미지 증배관은 암시관 이외에는 대부분 시장으로부터 자취를 감추었으나, X선영역에서 동작하는 X선 이미지관은 계속 강한 수요를 유지하고 있다.

X선 이미지관은 X선의 이미지를 가시의 이미지로 증폭, 변환하는 기능을 가지고 있으며, X선관과 더불어 진단에 사용되며, 최근에는 공업용으로도 용도를 넓히고 있다.

### 2.6 고주파의 에너지를 이용하는 진공관

#### (전자관)

고주파의 에너지를 이용하는 송신관(전자관)은 공업용용에 강한 수요를 유지하고 있다. 유전(誘電), 유도가열(誘導加熱)의 고주파원(高周波原)이나 고전압의 스윗칭 등이 그 예이다. 엄중한 사용 환경에 견디는 능력이 그 용도에 꼭 채용되는 이유의 하나이다.

전자레인지용의 연속파 마그네트론은 상당한 규모로 양산되고 있는 진공관(전자관)이다.

근년에 이르러 우리나라에서의 생산이 증대되어 세계적으로 일본과 경쟁이 격화되고 있다. 출력이 3~6kW정도의 비교적 높은 출력의 연속파 마그네트론은 프라스마엣칭 장치용으로 반도체, 액정 디바이스의 제조에 확대방향을 찾아냈다.

マイ크로파대(microwave band)에서 특히 큰 출력을 기대할 수 있는 크라이스트론(후에 설명)은 가속기를 위해서의 고주파원으로서 한층 더 발전을 기대하고 있다. 출력 30~100kW의 고출력 크라이스트론도 공업용으로서, 금후의 발전을 기대할 수 있다. 1970년대 중반에 사이로트론(후에 설명)이 발명되었다. 이 진공관(전자관)에서는 나선궤도(螺旋軌道)를 그리며 이동하는 전자와 전계의 회전방향성분을 상호 작용시키면 상대

론효과에 의해 가속, 감속된 전자의 전자 사이크로트론 공명주파수가 감소 및 증대하는 것을 동작원리로 하고 있다. 이 상호작용에 의해 전체로서 전자의 회전방향의 운동에너지로 전자계의 에너지를 변환하고 있다. 밀리파대(miliwave band)에서 극히 큰 출력을 낼 수 있는 특징과 장점이 있으며 일약, 핵융합분야에서 강한 개발요구를 받고 있다.

## 2.7 기타

전자가속용의 가속관(소형의 라이나크)이 의료, 비파과검사에 이용되고 있다.

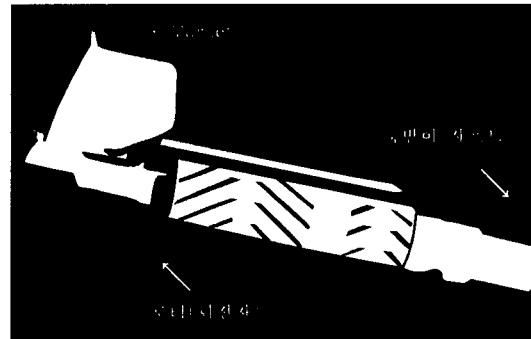
전계방사에 의해 진공 중에 전자를 끌어내는 진공 마이크로캐소드는 냉음극의 캐소드로 극히 미소한 진공관 특히, 높은 주파수로 동작하는 전자 디바이스로서의 가능성도 가지고 있다. 이미 영상표시관으로써 실용화를 향해서 디바이스의 개발이 진행되고 있다.

## 3. 최근의 개발예

### 3.1 액체 금속윤활X선관(液體金屬潤滑X線管)

회전양극관 볼베어링(ball bearing)은 진공 중에 설치되며, 사용상태 또는 제조공정에서 엄중한 열사이클(thermal cycle)을 받는다.

윤활유를 사용할 수 없기 때문에 기계적으로 곤란한 몇 개인가의 문제를 가지고 있다. 볼(ball)은 회전 중, 충돌과 마찰을 반복하며 비교적 큰 소리를 발생한다. 특히, 높은 선량(線量)이 요구되는 대용량의 X선관에서는 그 만큼 큰 타깃(target)을 사용함으로 베어링에 걸리는 부담은 그 만큼 커진다.



〈그림 1〉 액체윤활X선관의 축받이 구조

액체 금속윤활X선관은 이 문제를 해결하기 위해서 고안된 것이다. 이 X선관은 (〈그림 1〉 액체 윤활X선관의 축받이 구조 참조)에 나타나는 바와 같이 동축구조(同軸構造)의 습동면(習動面)에 허어링본(hearing born)이라 부르는 골을 파놓고 이 습동면 사이에 액체금속(液體金屬)을 주입한 구조로 되어있다. 회전자(rotor)를 회전시키면 액체금속에 동압(動壓)이 발생하여 회전자·스테이터가 서로 직접 접촉하는 일이 없는 상호가뜬 상태로 된다. 이 때문에 극히 조용한 고속회전과 높은 신뢰성이 기대되고 있다.

이 축반(軸受)의 구조는 회전자, 스테이터의 사이를 열, 전기 둘다 잘 전도하며, 축받이에 바라는 요건을 잘 충족하고 있다.

이미 CT(Computerized Tomography)장치 등, 대형 X선관으로서 실용화가 시작되었다.

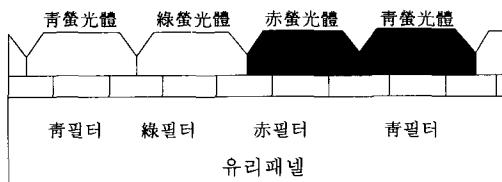
### 3.2 마이크로필터 내장(內藏) 디스플레이관(管)

이 디스플레이관은 〈그림 2〉에 표시하는 것과 같이 청(靑), 녹(錄), 적(赤)의 형광체(螢光體) 도트(dot)와, 각각의 빛만을 투과하는 마이크로필터를 대(對)로 하여 배치한 구조로 되어있다.



기술해설

브라운관의 전면을 형성하는 유리패널에는 종래는 형광체로부터의 외광반사(外光反射)를 경감하는 목적으로 광투과율(光透過率)이 낮은 틴트유리를 사용해 왔으나, 마이크로필터판에서는 필터에 의해 형광체가 발생하는 광(光)을 손실 없이 투과하고, 그 색이외의 외광(外光)을 감쇠(減衰)할 수 있다는 데서 투과율이 높은 투명유리를 채용하고 있다. 이 결과, 형광체로부터의 외광반사(外光反射)는 적지만 밝은 상(像)을 얻을 수 있다는 것이다.



〈그림 2〉 마이크로필터내장의 디스플레이판의 발광부의 구조

### 3.3 가속기용의 초고출력 크라이스트론

과학연구용의 초대형 가속기 또는 핵융합의 프라스마가열에 사용하는 목적으로 펄스(pulse)로 100MW, 펄스폭은 10초 정도의 긴 펄스 또는 연속파로 1MW를 넘는 고출력을 얻을 수 있는 일련의 크라이스트론이 개발되어 있다. 그 예를 (〈그림 3〉 펄스 크라이스트론 참조) 및 (〈그림 4〉 연속파 크라이스트론 참조)에 나타낸다. 효율은 펄스용에서 50%, 연속용에서 60~70%이다. 긴 펄스 또는 연속파용의 것은 관의 길이가 4.5m, 무게는 대략 1t에 달하고 있다.

근년에 특히 초대형인 SOR(Synchrotron Orbit Radiation)장치의 건설이 왕성하며, 또 소입자(素粒子)의 연구 또는 그 응용을 목적으로 한 초대형가속기의 개발프로젝트가 진행되어 그것을 위한 유력한 고주파원(高周波源)으로서, 이와 같은 초고출력



〈그림 3〉 펄스크ライ스트론(動作周波數 2,856MHz, 出力 100MW)



〈그림 4〉 연속파 크라이스트론(動作周波數 500MHz, 出力 1MW)

### 3.4 핵융합 연구용 초고출력 자이로트론

핵융합 프라스마 가열의 요구에 응해서, 밀리파(miliwave) 고출력 자이로트론의 개발이 진행되고 있다. ITER(International Thermo-nuclear Experimental Reactor : 國際熱核融合實驗處)가 요구하는 자이로트론의 목표출력은 170GHz대(帶)의 연속파로 1MW이다. 현재는 특히 출력창(出力窓)에 개발의 애로가 있으며, 출력과 펄스폭이 요구하는 수준에 도달하지 못하고 있다.

출력창재(出力窓材)에는 서파이어 또는 질화보론(窒化boron) 등이 사용되고 있다.

창(窓)의 열부하가 너무 크면 열왜곡으로 창(窓)이 파손함으로, 이 문제를 해결하기 위해 출

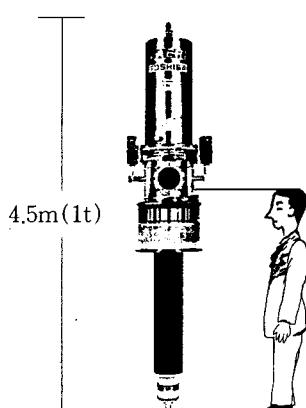
력의 분포를 될 수 있는 한 평탄으로 하거나 원환상(圓環狀)으로 하여, 출력의 피크치를 경감시키는 수단이 채용되고 있다.

더욱이 높은 열부하에 견디는 창재(窓材)의 개발이 급선무이다.

자이로트론의 효율은 통상 30%정도이나 CPD (Collector Potential Depression : 콜렉터 전위 저하) 동작에 의해 전자를 감속포집(減速捕集)하는 타입(type)의 에너지 회수기술을 사용해서, 110GHz대에서 50%이상의 효율을 낼 수 있게 하는데 성공하고 있다.

〈그림 5〉(자이로트론 참조)에 ITER의 요구를 목표로 하여 개발이 진행되고 있는 자이로트론을 소개한다.

CPD기술을 채용하여 TE 31.8이라는 높은 차수(次數)의 전자파(電磁波)모드와의 결합을 선택하여 공동(空洞)의 열적(熱的)인 부담을 경감하고 있다. 또 관내에 모드(mode)변환기, 미러계(miller系)를 삽입하여 관축(管軸)과 직각의 방향으로 평탄한 출력분포의 전자파를 끄집어 낼 수 있는 구성을 하고 있다.



〈그림 5〉 자이로트론(動作周波數 170GHz, 出力 500kW)

#### 4. 끝 맷 음

진공관(전자관)은 무선통신, 라디오방송, 텔레비전, 마이크로웨이브중계, 컬러(color)텔레비전방송, 전자계측, 전자진단, 위성통신, UHF텔레비전방송, 위성방송 등 통신 및 전자기술의 발전에 상용하여 다양하게 발전해 왔다.

이러하던 중, 1948년에 이르러 트랜지스터가 미국에서 발명되어 이 고체 디바이스가 대두하면서 이것이 발전을 거듭하는 동안 진공관(전자관)은 이 고체 디바이스와 경합을 하고 있으며 결과적으로 진공관(전자관)은 응용면에서 특히 통신, 방송에 관련되는 진공관들의 상당부분이 고체 디바이스에 자리를 넘겨주고, 시장(市場)도 극히 협소해졌다.

나아가 국제적인 동업자와의 경합, 진공관(전자관)동업자끼리의 경합이 있는 등, 진공관(전자관)의 환경은 점점 엄중해진 것이 현재의 상황이다. 그렇다고는 하지만, 여전히 진공관(전자관)이어야만 하는 영역이 있으며, 개발의 필요를 강하게 받고 있다. 이의 개발에 대한 국제협력의 길도 열려 있으며, 금후에도 기술의 계속과 발전을 위해서 노력이 계속되어, 정력적인 개발이 진행되리라고 보아진다. 금후의 전개를 기대하고 싶다.

(원고 접수일 1997. 4. 16)