



眞空技術의

筆者가 第2次大戰 末期에 日本東京 宗電子工業研究所에서 眞空管의 研究開發에 從事하는 동안 抵抗眞空計, 熱電眞空計, 電離眞空計 등을 開發 考案하였었다. 그러므로 여기에 眞空技術의 이야기를 하여 보기로 한다.

I. 眞空技術의 役割

最近의 科學技術은 高速度로 많은 發展을 하고 있다. 이러한 華麗한 科學技術의 背後에는 눈에 띄지 않는 뒷받침을 하여 주는 技術이 많이 있다. 眞空技術도 이러한 技術의 하나이다.

一般으로 眞空技術이라고 하면, 電球를 만드는 技術이나, 眞空管을 만드는 技術이라는 程度의 知識밖에 갖지 못하고 日常生活에는 關係 없는 技術로 생각되어 왔었다.

그러나 例를 로켓트(Rocket)에 들어, 로켓트를 大氣圈外에 쏘아 올리려면 眞空技術이 重要な 役割을 하게 된다. 즉 로켓트를 쏘아 올릴 때의 狀況을 地上에서 再現하여 試驗하려면 眞空內에서 行하여야 되기 때문이다. 그리하여 이 眞空技術이 로켓트를 쏘아 올리는 技術과 同一水準에 達하지 않으면 實驗은 行할 수 없을 것이다.

또 例를 電子工學에 들면, 過去의 電子工學은 眞空電子工學으로써 全的으로 眞空管을 만드는 眞空技術에 依存하였기 때문에 電子工學

의 發展은 오로지 眞空技術의 發展에 左右되어 왔었다.

現在의 電子工學은 眞空電子工學 以外에 固體電子工學이 새로 登場하였는데, 固體電子工學은 얼핏 생각하면 眞空技術과는 因緣이 없는 듯하나, 實은 半導體要素, 抵抗器要素, 蓄電器要素 등의 部品을 製作하는 段階에서 眞空蒸着(Vacuum Evaporation)이라든가, 眞空飛着(Vacuum Sputtering)이라는 過程을 거치고 있다. 여기서 眞空蒸着이란, 眞空中에서 物質分子를 蒸發시켜 다른 物質의 表面에 吸着시키는 것이고, 眞空飛着이란, 眞空中에서 陰極物質을 飛散시켜 다른 物質의 表面에 吸着시키는 것을 말한다.

또 最近에는 마이크로電子工學이라는 것이 새로 登場하여 回路自體를 만드는 所謂 集積回路(IC: Integrated circuit)라고 하여 膜回路라든가, 半導體回路라든가가 開發되어, 이에 眞空蒸着, 眞空飛着 등의 方法을 使用하고 있다. 따라서 이도 역시 眞空技術을 背景으로 삼고 있다.

또 近代産業에 있어서는 眞空技術은 비단 電子工學에만 限定된 것이 아니고, 例를 들면 食品, 藥品 등을 製造 또는 貯藏하는 化學에 있어서 眞空化學이라든가, 金屬을 精製 또는 處理하는 冶金에 있어서 眞空冶金이라든가, 또는 物理實驗에도 眞空技術은 關聯되어 있다.

發展



趙 正 萬

(前 建國大學校 工大學長 · 工學博士)

이와 같이 眞空技術 그 自身은 表面에 華麗하게 演出되는 技術은 아니지만 幕後에서 重要な 役割을 하는 技術이다. 그러면 現在의 眞空技術은 어느 程度로 發展하였으며, 또 어떤 段階에 있는가를 더듬어 보자.

옛날 希臘의 Democritus가 物質은 不連續的인 原子로 構成되었다는 原子論을 提唱하였을 때 벌써 原子와 原子와의 사이에 있는 空間 즉 眞空은 想定되었었다. 그러나 우리들 人間의 힘으로 眞空을 만들 수는 없었다. 그리하여 神은 眞空을 미워한다고까지 말하였었다.

眞空이라는 말로 表現할 수 있는 狀態를 우리 人類가 最初로 實驗한 것은 1643년에 行한 Galileo의 助手였던 Torricelli의 實驗이었다. 이 Torricelli를 記念하기 위하여 眞空의 單位를 1 mmHg를 1 Torr라고 하여 現在 널리 使用하고 있다.

1643年 Torricelli의 實驗 以後로 眞空은 長足の 進歩를 하여왔다. 眞空技術의 進歩에는 여러가지 要因이 있는데, 그 하나는 眞空을 만드는 眞空펌프와 眞空을 재는 眞空計이고, 또 하나는 材料 즉 眞空펌프의 기름, 眞空裝置의 材料, 또한 이들의 材料의 使用技術의 進歩이고, 또 하나는 機械加工技術의 進歩이다.

II. 眞空펌프의 發展

1. 低眞空펌프

眞空을 만드는 眞空펌프로는 1643年 Torricelli의 實驗 以後로 水銀바로미터식 펌프, 기름피스톤식 펌프, 水銀回轉펌프, 기름回轉펌프 등의 各種 眞空펌프가 出現하였으나, 1915년 擴散펌프가 出現하기 以前은 到達眞空度 10^{-3} Torr程度의 低眞空펌프時代였었다.

2. 高眞空펌프

1915年 Gaede의 噴射形水銀擴散펌프와 1916년 Langmuir의 凝結形水銀擴散펌프가 發明된 以後로 各種 水銀擴散펌프, 기름擴散펌프 등이 續續 出現하여, 1929년에는 Hickman의 分溜形 기름擴散펌프가 發明되어 第2次大戰末까지는 到達眞空度 10^{-9} Torr 程度의 高眞空 時代였었다.

3. 超高眞空펌프

第2次大戰 以後에는 스퍼터이온펌프(Sputterion pump), 갱터펌프(getter pump), 흡착펌프(Sorption pump), 크라이오펌프(cryo-pump) 등이 續續 出現하여 到達眞空度 10^{-15} Torr까지의 超高眞空時代에로 突入하였다.

III. 眞空計의 發展

1. 低眞空計

眞空度を 재는 眞空計로는 McLeod 眞空計가 일찍 發明되어 計測範圍는 $10^{-1} \sim 10^{-5}$ 程度이나 標準眞空計로서 各種 眞空計의 校正에 現在도 使用되고 있다.

眞空中에 가는 熱線을 두고, 이에 電流를 흘려 加熱하면, 熱線은 周圍의 氣體의 傳導에 의하여 冷却되는데, 그 溫度는 眞空度 $10 \sim 10^{-5}$ Torr의 範圍에서는 그 眞空度에 의하여 變化한다. 이 熱線의 溫度를 抵抗溫度計로 計測하여, 그때의 眞空度を 計測하는 것이 抵抗眞空計이고, 熱線의 溫度를 熱電溫度計로 計測하는 것이 熱電眞空計이다.

그런데 抵抗眞空計는 外界의 溫度의 影響으로 零點調整이 困難하였다. 筆者는 零點調整을 容易하게 하기 위하여 計測用 抵抗管과 同形의 眞空抵抗管을 브리지의 兩邊에 使用하는데, 眞空抵抗管 2個를 挿入하여 1個는 零點調整用으로, 다른 1個는 計測用으로 使用하도록 하여, 零點調整이 아주 便利하고, 計測範圍 $10 \sim 10^{-5}$ Torr의 眞空度を 直讀할 수 있는 그 當時 가장 優秀한 直讀抵抗計를 發明 製作하였다.

또 熱電眞空計는 熱電帶의 熱起電力이 不足하여 實用하기 困難하였다. 筆者는 熱電對의 熱起電力을 增加하기 위하여 여러個를 複合한 熱電對를 使用하여 아주 簡便하고, 計測範圍 $10 \sim 10^{-3}$ Torr의 眞空度を 直讀할 수 있는 優秀한 直讀熱電眞空計를 考案 製作하였다.

2. 高眞空計

眞空度 10^{-5} Torr 以下の 高眞空度の 計測에는 電離眞空計를 使用한다. 電離眞空計는 3極

管과 類以한 構造로써, 中心熱陰極에 電壓을 加하여 加熱하고, 格子(grid)에는 正電壓을, 板子(plate)에는 負電壓을 加하여, 中心熱陰極으로부터 放出된 電子가 格子에 의하여 加速되어 氣體分子와 衝突電離하여 發生한 이온은 板子에 收集되어 이온電流 I_i 로 되고, 電子는 格子에 收集되어 電子電流 I_e 로 된다. 그리하여 眞空度 10^{-3} Torr 以下에서는 眞空度 p 는 다음의 式으로 표시된다.

$$P = K \frac{I_i}{I_e}$$

여기에 K 는 感度係數로서, 電極의 構造, 動作電壓 및 氣體의 種類에 의하여 決定되는 定數이다. 實際로는 I_e 를 一定하게 두고 I_i 로 計測한다.

이 中心熱陰極電離眞空計는 眞空도가 나쁠 경우는 이온의 衝擊으로 陰極이 加熱 破壞되는 일이 있고, 電極의 殘留가스를 吸着하기 때문에 眞空도가 10^{-3} Torr 以上으로 나쁠 경우는 使用치 못한다. 그러므로 가스가 吸着될 때는 格子에 電流를 흘려 加熱하여 가스를 逐出할 필요가 있다. 또 眞空도가 좋을 경우는 I_e 가 작아지므로 計測이 점차 困難하게 된다.

또 格子에의 電子의 衝擊으로 發生한 軟X線이 板子로부터 電子를 放出시켜 暗電流를 만들게 되므로 10^{-8} Torr 以下로 되면, 이 電子電流 I_e 와 이온電流 I_i 는 같은 程度로 되기 때문에 上式의 關係가 成立되지 않게 된다. 그러므로 10^{-8} Torr 以下の 眞空度は 計測하기 困難하다. 그리하여 이 中心熱陰極電離眞空計의 計測範圍는 $10^{-3} \sim 10^{-8}$ Torr 程度이다.

筆者는 이 中心熱陰極電離眞空計의 構造를 改良하여 微弱한 이온電流 I_i 를 브리지 安定增幅回路로 增幅하여 計測範圍 $10^{-3} \sim 10^{-9}$ Torr의 眞空度を 直讀할 수 있는 그 當時 最高水準의 直讀電離眞空計를 考案 製作하였다.

3. 超高眞空計

第2次大戰以後에는 眞空計도 다음과 같이 各種 超高眞空計가 續續 出現하여 計測眞空度 10^{-15} Torr까지의 超高眞空時代에로 突入하였다.

從來의 中心熱陰極電離眞空計에서는 格子에의 電子의 衝擊으로 發生한 軟X線이 格子를 照射하여 發生한 2次電子가 이온電流에 참가되어 暗電流를 만들게 되므로 10^{-8} Torr 以下の 眞空度는 計測하기 困難하게 된다. Bayard와 Alpert는 이를 피하기 위하여 이온收集電板을 極端으로 작게 해서 휘라멘트(filament)로 하여, 熱陰極과 置換하여 라센格子(Spiral grid)의 中央에 두고, 熱陰極은 라센格子의 外側に 配置한 外側熱陰極電離眞空計를 發明하여 $10^{-3} \sim 10^{-10}$ Torr까지 計測하였었고, 改良된 外側熱陰極電離眞空計는 $10^{-3} \sim 10^{-12}$ 도 計測可能하다고 한다.

또 G. E社에서는 트리거휘라멘트(Trigger filament)를 設置하여 放電開始할 때만 點火하도록 한 冷陰極트리거電離眞空計를 開發하여 $10^{-6} \sim 10^{-14}$ Torr까지 計測可能하다고 한다.

또 Redhead는 圓筒狀의 마그네트론(magnetron)을 使用하여 磁界로써 이온收集電極의 周邊을 2次電子放出을 피하도록 한 冷陰極마그네트론電離眞空計를 發明하여 $10^{-4} \sim 10^{-14}$ Torr까지 計測하였었다고 한다.

또 Lofferty는 圓筒狀의 마그네트론을 使用하여 磁界로써 陰極으로부터 放出되는 電子의 軌道를 延長시켜 電離效率를 向上시키도록 한 熱陰極마그네트론電離眞空計를 發明하여 $10^{-4} \sim 10^{-15}$ Torr까지 計測할 수 있었고, 또 低溫 電子放出用陰極과 2次電子増倍管을 使用하면 $10^{-4} \sim 10^{-17}$ Torr까지 計測可能하다고 한다.

또 熱陰極 대신 電離能力이 크고, 따라서 飛

程이 작은 粒子線 X線을 使用하면 α 線의 飛程이 容器의 길이보다 길 때는 氣體中에서 發生한 이온數는 氣體의 壓力에 比例한다. Kreisman은 이 放射線源으로서 α 線管(Alphatron)을 使用하여 $10^{-3} \sim 10^{-14}$ Torr까지 計測할 수 있는 放射線電離眞空計를 發明하였었다.

IV. 眞空技術의 進步

以上에서 記述한 바와 같이 第2次大戰末까지는 眞空을 만드는 眞空펌프도 到達 眞空度 10^{-9} Torr까지이고, 眞空을 채는 眞空計도 計測眞空度 10^{-9} Torr까지인 高眞空時代였었다. 第2次大戰以後에는 眞空技術은 高度로 發展하여 現在는 眞空펌프도 10^{-15} Torr까지 發生할 수 있고, 眞空計도 10^{-17} Torr까지 計測可能하다는 超高眞空時代로 되었다.

最近의 電子工業에서는 電子管 혹은 半導體要素 등의 生産에 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ Torr의 裝置를 使用하는데 아무 不便도 느끼지 않을 程度로 發展하였고, 또 宇宙産業에서는 人工衛星의 機能을 宇宙空間과 同一한 環境의 地上에서 實驗하기 위하여 宇宙環境實驗室(Space chamber)을 10^{-10} Torr 程度의 眞空으로 만드는 것은 比較的 容易하며, 또 10^{-15} Torr 程度의 眞空으로 만들 수도 있다고 한다. 그야말로 眞空技術 自體의 進步도 大端히 크다고 할수 있다.

[筆者略歷]

生年月日: 1906年 5月 11日生

最終學歷: 日本大學工學部電氣工學科 卒業

略 歷: 日本東京 宗電子工業研究所 技師

서울大學校 工科大學 教授

全北大學校 工科大學 教授 및 學長

建國大學校 工科大學 教授 및 學長