

# 엘렉트로닉스의 발자취

林 濟 鏞

漢陽大學校 工科大学 電子工學科 教授(工博)

## 序 論

電子工業은 電子工學을 바탕으로하는 産業이며 電子工學(electronics)이란 가스, 眞空 또는 半導體 안에서의 荷電粒子的 運動에 관한 科學과 技術이다. 金屬 안에만 국한된 運動은 電子工學의 대상에서 제외된다.

眞空안에서 電子의 흐름을 制御할 수 있는 三極 眞空管이 1906년 De Forest에 의해 발견됨으로서 電子工學은 실질적인 탄생을 보게 되었으며 이에 따라 電子管, 半導體素子, 기타 이에 유사한 소재를 사용하여 電子運動의 特性을 이용하는 機器와 여기에 사용되는 部品, 材料등을 개발, 제조하는 電子工業이 일어나게 되었다.

電子工學과 電氣工學은 모두 電氣 및 磁氣에 관한 Coulomb, Ampere, Ohm, Gauss, Faraday, Henry 및 Maxwell과 같은 위대한 과학자들의 業績에 바탕을 두고 있다. 1865년경 Maxwell은 다른 학자들의 研究結果를 統合하여 Maxwell의 方程式이라 부르는 電磁氣學의 一般理論을 확립하였다. Maxwell의 理論은 電磁波가 空間을 傳播할 수 있고 또 光은 이와같은 電磁波의 일종이라고 예측하였으며 이 사실은 23년 후인 1888년에 Hertz가 불꽃間隙 發振器를 사용하여 電磁波放射에 성공함으로써 實證하였다. 1896년에 Marconi는 Hertz波를 傳送하고 이를 약 2마일 떨어진 곳에서 檢出하는데 성공하였으며 無線電信은 이 실험에 기원을

두고 있다.

여기에서는 간단히 過去와 現在로 나누어 서술하기로 한다. 眞空管, 가스封入管 등 電子管의 시대를 과거라 했고 현재는 1948년 트랜지스터의 發明으로부터 시작된다. 未來를 展望하는 간단한 절도 마련하였다. 마지막으로 우리나라 電子工學의 걸어온 발자취와 현재의 위치 그리고 어떤 目標을 지향하고 있으며 그 전망은 어떠한지 간단히 살펴 보기로 한다.

## ◆ 過 去

電子工學은 1895년 H. A. Lorentz가 電子(electron)라 불리는 離散的인 電荷의 존재를 가정했을 때부터 시작된다. 그 2년 뒤 J. J. Thomson은 이 電子를 실험적으로 확인 하였다. 같은 해(1897) Braun은 최초의 電子管을 만들었는데 이것이 바로 원시적인 陰極線管이다.

### 眞空管의 發見

電子工學이 工學的인 체계를 갖춘 것은 20세기 초가 되어서이다. 1904년 Fleming은 二極管을 발명하여 밸브(valve)라 불렀는데 그것은 眞空中에 電子를 放出하는 加熱線과 좁은 간격으로 배치한 陽極으로 만들어진 것이다. 陽極에 陽電壓을 걸면 電子가 여기에 수집되지만 陰電壓이 되면 전류는 흐르지 않게 된다. 이 밸브는 無線信號의 檢波器로 사용되었다. 2년 후 Pickard는 실리콘 結晶에 導線을 點接觸

시켜 檢波器로 사용하려고 시도하였으며 이것이 최초의 半導體 다이오드이다. 그러나 이 素子は 信賴度가 매우 낮아 곧 폐기되었으며 徒産兒, 半導體電子工學은 1906년에 사망하였다.

電子工學의 초창기 역사상 가장 중요한 획기적 사건은 같은 해(1906년) De Forest가 Fleming 밸브에 제 3의 電極(格子: grid)을 설치함으로써 三極管(triode)를 발명한 것이다. 그는 이것을 오디언(audion)이라 불렀다. 오디언은 格子電壓을 약간 변화하면 陽極電壓은 크게 변화하므로 최초의 增幅器가 되었다. 오디언 안의 眞空度를 개선하고 효율이 좋은 酸化物被覆陰極으로 補強하여 信賴性있는 電子素子로 만들어내는데 약 5년이라는 세월이 걸렸다. 이리하여 실질적인 電子工學은 1911년 경에 시작되었다.

### 라디오와 텔레비전

電子工學이 제일 먼저 응용된 곳은 라디오였다. 최초의 라디오放送局 KDKA는 Pennsylvania Pittsburg 에 있는 Westinghouse Electric Corporation에 의해서 1920년에 開局되었으며 불과 4년 뒤인 1924년까지는 美國內에 500個의 放送局이 방송을 하게 되었다. 방송(라디오와 텔레비전)의 역사는 다음과 같이 三期로 나누어 생각할 수 있다.

1907-1927 이 이용할 수 있는 素子로서는 다이오드와 필라멘트型 陰極을 가지는 三極管뿐이었다. 工學徒가 발명한 回路로서는 多段增幅器, 再生增幅器(1912년에 Armstrong\* 이 발명), 發振器, 헤테로다인回路(1917년 Armstrong이 발명) 및 增幅器의 불필요한 發振을 防止하기 위한 中和回路등이 있었다.

1927-1936 다이오드와 三極管에 傍熱型 陰極이 도입되었다. 三極管에 두 개의 새로운 電極-제 4 및 제 5-를 추가하여 각각 遮蔽格子管 및 5極管을 만들었다. 또 비입出力管과 金

屬管도 이 시기에 출현한 것이다. 이들 새로운 素子를 사용함으로써 수퍼헤테로다인 受信機, 自動利得調整(AGC), 單-노브同調 및 多重帶域動作이 가능하게 되었고 라디오는 번창하는 企業이 되었다.

1936-1980 이 기간에는 새로운 素子로서 電極間隔이 좁은 眞空管(高利得帶域幅楨用), 小型眞空管, 칼라 텔레비전 등이 나왔다. 1933년에 Armstrong은 周波數變調를 발명하였고 약 5년 후에는 FM 受信機가 시판되었다. 黑白텔레비전은 1930년 경부터 시작되었으며 여기에 가장 중요한 공헌을 한 사람은 RCA의 Zworykin이다.

商業 칼라 텔레비전은 1950년 무렵에 시작되어 여러가지 새로운 機能이 요구되었기 때문에 다음과 같은 回路들이 발명되었다: FM, 리미터, FM 辨別器, 自動周波數調整回路(AFC), 超音波發生器(TV 受像管의 線型偏向用), 同期回路, 멀티플렉서回路 및 陰歸還回路(演算增幅器 포함).

### 電子工學

電子工學은 다음과 같이 4C로 호칭되는 3요소로 크게 나눌 수 있다: 즉 Component(部品)의 C, Communication(通信)의 C, Control(制御 또는 automation, 自動化)의 C, 및 Computation(計算)의 C가 그것이다. 지금까지는 部品會社는 電子管과 抵抗器, 커패시터, 코일, 變壓器 등의 受動素子를 공급하기 위해서 생겨난 會社들이었다.

두번째 C(通信)는 AM 및 FM 라디오, 하이파이 시스템, 黑白 및 칼라 텔레비전 受像機와 送信機를 중심으로 하여 형성된 産業을 말한다.

세번째 C(制御)는 소위 産業電子工學에도

\* Armstrong은 그 당시 Columbia University의 學部學生이었다.

입되었던 것으로 産業電子工學은 “(通信과 計算 이외의) 産業機械의 制御와 運轉에 電子素子を 이용하는 電子工學의 한 분야” 라고 정의할 수 있다. 産業電子工學에 사용되는 素子로는 氣體封入 二極管과 四極管(다이나트론), 水銀整流管, 高電力管 등의 푸울陰極素子들이 있다. 이 시기의 최로로는 電力整流回路, 高壓整流回路, 電力增幅回路, 高壓送信回路, 誘導加熱, 誘電加熱, 逆變換裝置(直流에서 交流로), 計測, 電動機制御, 工程制御 등이 있었다.

計算機(네번째 C)는 이때 겨우 모습을 나타냈을 뿐이므로 이 産業은 뒤에 별도로 자세히 설명하기로 한다.

#### ◆ 現 代

이 時代는 약 30년 전 트랜지스터의 發明에서 부터 시작된다.

#### 雙極性 接合트랜지스터의 發明

이 발명에는 흥미있는 이야기가 얽혀 있다. Bell Telephone Laboratories의 研究責任者 M. J. Kelly(뒤에 그 所長이 되었지만)는 電話시스템에는 電子交換과 改善된 增幅器가 필요하다는 것을 깨달은 통찰력을 지닌 분이였다. 眞空管은 사용 중이 아닐 때에도 막대한 熱을 발생하며 특히 필라멘트가 타면 眞空管을 대치해야 하기 때문에 信賴度가 그다지 높지 못했다. 1945년 한 固體物理學 그룹이 구성되었으며 다음은 그 그룹의 임무에 관한 규정 중에서 인용한 것이다. “이 研究의 목적은 전혀 새롭고 개량된 통신시스템 部品과 素子を 개발하는데 사용할 수 있는 새로운 지식을 획득하는데 있다.” 가장 중요한 목표 중의 하나는 固體增幅器를 개발하려는 것이었다. 그 그룹은 理論物理學者, 實驗物理學者, 物理化學者, 電子工學者들로 구성되었으며 金屬學者들과 함께 실험실에서 共同으로 연구하였다. 이들 과학자들은

전에 Block, Mott, Schottky, Slater, Sommerfeld, Van Vleck, Wigner, Wilson 및 기타 세계의 여러 과학자들이 이룩한 金屬과 半導體에 관한 理論의인 研究結果에 대해서 잘 알고 있었다.

1947년 10월의 한 실험에서 게르마늄結晶表面에 두 개의 金屬導線 프로우브를 매우 좁은 간격으로 압력을 가해서 접촉하였을 때(게르마늄 베이스에 대한) 콜렉터 프로우브 電壓出力이 에미터 프로우브의 入力電壓보다 더 크다는 것을 발견하였다. Brattain과 Bardeen은 이게 바로 그들이 추구하는 현상임을 깨달았으며 이렇게 해서 固體增幅器의 탄생은 보게 된 것이다(點接觸 트랜지스터). 이들 시초의 트랜지스터는 利得이 낮고 帶幅이 좁으며 雜音이 많고 또 素子에 따라 파라미터의 변동이 심했다.

Shockley는 金屬 點接觸에 문제가 있다는 것을 알게 되었다. 그는 곧바로 接合트랜지스터를 제안하고 그 動作理論을 확립하였다. 이리하여 點接觸이 없는 트랜지스터가 출현하였다. 電子管이 傳導電流에 의해서 동작하는데 반하여 이 새 素子は 擴散에 의해서 동작하며 두 가지 極性的의 電荷캐리어가 함께 동작하는 雙極性 素子이다. 캐리어 중 하나는 잘 아는 電子였고 또 하나는 낯선 粒子여서 당시 잘 이해하지 못했다. 測定에 의하면 極性이 電子와는 반대여서 陽電荷와 等價였다. 이 粒子는 量子力學의 理論에 의해서만 설명할 수 있다. 그들은 結晶 안에서 電子가 있어야 할 곳에 비어있는 것을 나타내는 것이었으므로 “正孔(hole)”이라 불렀다. 眞空管에 있어서의 電流는 熱電子放出體근방에 형성되는 電子空間電荷에 의해서 제한된다. 이 空間電荷 즉 電子雲이 電子를 더 放出하지 못하도록 반발하는 것이다. 트랜지스터에는 이 현상이 존재할 수 없다. 이론적으로 예측한 바에 의하면 새 素子は 接合에 가까운 不動의 얇은 空間電荷層을 제외하고는 본질적으로

로 中性이기 때문이다. 그러므로 이들 새 素子에서는 낮은 인가전압으로 큰 電流密度를 얻을 수 있다. 이리하여 (加熱 필라멘트를 사용하지 않는) 매우 중요한 實用素子를 만들 수 있게 된 것이다.

超高純度の 單結晶을 만들지 못하면 信賴性 있는 트랜지스터를 만들 수 없다는 것을 理論的인 고찰에 의해서 알게 되었다. 약 2년 후 Bell 研究所의 Teal은 不純物濃도가 10 億分の 1 이하로 되는 게르마늄, 그리고 위에 가서 실리콘 單結晶을 成長하는데 성공하였다. 그런 다음 도우너 (donor) 또는 억셉터 (acceptor)라 부르는 不純物原子를 1 億分の 1 정도의 濃度로 注入할 수가 있게 된 것이다. 이와같은 방법으로 그들은 雙極性트랜지스터의 接合을 형성하였다. 1950년에는 최초의 成長型 接合트랜지스터가 모습을 보였으며 合金接合트랜지스터가 나온 것은 그 다음 해이다. 固體增幅現象이 발견된 지 불과 3년, 1951년에는 트랜지스터의 商品生産이 개시되었다.

Bell System은 그들의 발견을 공개하기로 중대한 결정을 내리고 심포지움을 개최하여 이 지식을 敎授는 물론 다른 회사에까지도 보고하였다. 그는 또 트랜지스터를 제조하고자 하는 會社에서는 特許權을 免許해 주겠다고 제안하였다. Western Electric (Bell System의 製造를 담당하고 있다), RCA, Westinghouse, 그리고 General Electric 등의 電子管 製造會社가 먼저 트랜지스터의 제조에 착수했고 뒤이어 이 素子の 엄청난 가능성을 깨달은 많은 部會社들이 여기에 참여하였다.

1952년에는 美陸軍에서 트랜지스터 研究基金을 할당하였다. 軍에서는 이들 素子를 주로 小型, 輕量, 低電力, 優秀한 性能 및 高信賴性이 요구되는 미사일에 사용하려는데 관심을 가지고 있었으며 이 投資는 매우 큰 성공을 거두었다. 半導體部品은 아주 高電壓이나 大電力의 경

우를 제외하고는 거의 모든 軍裝備와 商品에 있어서 電子管에 대치하게 되었다. 대부분의 大學에 있어서는 그들 敎科課程에서 이제는 電子管에 대해서 언급 조차도 없게 되었다.

트랜지스터는 溫度에 따라 그 特性이 크게 變動한다. 게르마늄은 이 때문에 약 75°C 이상 이 되면 사용할 수 없으며 실리콘은 약 200°C까지는 사용할 수 있다. 1954년 Texas Instruments는 실리콘 트랜지스터의 生産을 발표하였으며 오늘날 거의 대부분의 트랜지스터 및 기타 半導體素子는 실리콘으로 만들어지고 있다.

1956년 Bardeen, Brattain, 및 Shockley는 노벨 物理學賞을 받았는데 工學的인 素子の 발명에 대해서 수여한 노벨賞으로서 이것은 처음이다.

### 集積回路

Kilby는 1958년 Texas Instruments에 들어간 후 곧 게르마늄 또는 실리콘으로부터 완전한 하나의 回路를 만들어내는 모놀리식 (monolithic) 개념에 着想하게 되었다. 그는 큰 半導體를 사용하여 抵抗器를 형성하고 또 擴散層抵抗器도 만들었다. 그는 실리콘에 酸化層 (誘電體)을 이용하여 커패시터를 만들었고 또  $p-n$  接合커패시터도 생각하고 있었다. 이 概念을 실현할 수 있다는 것을 證示하기 위하여 그는 게르마늄으로 만든 이들 抵抗器, 커패시터 및 트랜지스터를 金線으로 熔接 연결하여 移相發振器와 멀티바이브레이터를 제작하였다. 그렇지만 特許申請에서 그는 導電物質을 부설함으로써 部品을 相互接속할 수 있을 것이라는 것을 지적하였다. 1959년 Kilby는 IRE總會에서 固體回路 (solid circuit) [뒤에 集積回路 (integrated circuit)라 불렀다]를 발표하였다.

이 무렵 당시 Fairchild Semiconductor의 研究開發 責任者 Noyce (현재는 Intel 會長) 역

시 모듈식 회로에 착상하고 있었다. 그의 발상은 “실리콘의 單一片에 多數素子를 제조하고 素子間的 相互接속문제를 製造過程의 일부로 해결하도록 함으로써 치수, 무게 등을 감소시키고 또 能動素子當의 비용을 低減한다는 것이었다. 그는 逆바이어스  $p-n$  다이오우드에 의한 素子間的 分離法, 抵抗器의 제조법 및 酸化物에 있는 구멍을 통해서 金屬을 증발함으로써 回路部品들 간의 連結法 등에 관해서 설명하였다 (逆바이어스 다이오우드에 의한 部品の 分離法은 1959년 Sprague Electric Company의 責任研究員 Lehovec도 독립적으로 연구하여 特許權을 얻었다). 현대의 擴散트랜지스터는 1958년 Fairchild의 Hoerni에 의해서 처음으로 개발된 것이다. 그는 또 표면에 酸化物層이 있는 接合의 表面 安定化工程을 개발한 사람이다. 그는 전에 Noyce와 Moore가 開發한 寫眞 平板技法과 擴散工程을 사용하였다. 集積回路 製造問題를 해결하는 진정한 열쇠는 平面트랜지스터와 批處理(batch processing)에 있었다. 1961년에 Fairchild와 Texas Instruments는 商用 IC를 생산하였으며 다른 회사들도 곧 그 뒤를 이어 IC 제조에 참여하게 되었다. 오늘날에는 수만개의 트랜지스터, 受動部品 및 그들의 相互連結이 한 생산 批에서 동시에 만들어진다.

### 電界效果트랜지스터

트랜지스터가 발명되기 전에 수 많은 사람들이 “電界效果”, 즉 가로방향 電界를 인가할 때 固體導電率이 변화하는 현상에 관해서 연구하였다. 사실은 앞에서 지적한 바와 같이 이 電界效果를 연구하는 중에 雙極性 트랜지스터를 발견했던 것으로 Shockley는 1951년에 接合電界 트랜지스터를 제안한 바 있었다. 그러나 이들 素子를 제조하려던 초기의 시도는 安定한 表面을 만들 수가 없었기 때문에 실패한 것이다. 이 난

점은 平面處理와 二酸化실리콘(우수한 유리질 絶緣體)에 의한 表面 安定化技法의 발견으로 극복하게 되었다. 이 얇은( $1000\text{\AA}$ )  $\text{SiO}_2$ 層 위에 金屬電極(게이트)을 부착하고 게이트와 실리콘 덩이 간에 電壓을 인가하면 표면 근방에 傳導性 電荷가 誘導된다. 게이트는 두 電極(소오스 S와 드레인 D)간에서 가로 방향으로 수 마이크로미터( $\mu\text{m}$ , 채널)에 걸쳐 있으며 S와 D간의 電流는 게이트電壓에 의해서 制御된다. 이와같은 최초의 金屬酸化物半導體 電界效果 트랜지스터(MOSFET, 는 1960년 Bell Laboratories의 Kahng과 Atalla에 의해서 발표되었다. 이들 素子는 再現性이 빈약하였다.  $\text{SiO}_2$  안의 오염物質(주로 나트륨 이온)에 문제가 있음을 발견하고 이를 제거하는 방법을 알아내는 데 약 5년이란 세월이 걸렸다. 基本 MOSFET는 기술적으로 많이 개선되었고 오늘날 이 소자는 雙極性 트랜지스터에 필적하는 중요한 素子가 되었다.

### 電荷結合素子

S와 D 사이에 좁은 간격으로 連鎖的인 게이트電極을 만들 수 있다. S에서 流入한 電荷가 첫번째 電極에 의해서 포획되고 적절한 電壓波形을 인가함으로써 이 電荷가 첫째 電極에서 둘째 電極으로, 그 다음 둘째에서 셋째 電極으로…… 이동할 수 있다. 이러한 소위 電荷結合素子(charge-coupled device ; CCD)는 1969년 Bell Laboratories의 Boyle과 Smith에 의해서 발명되었다.

### 마이크로電子工學

雙極性 接合트랜지스터나 MOSFET集積回路 모두 信賴性, 動作速度 및 收率이 착실하게 개선되었을 뿐만 아니라 원가, 消費電力 및 크기는 현저하게 감소하였다. 다음 年代記에서 IC 실리콘 칩 당의 部品數(트랜지스터, 다이오우드,

抵抗器, 또는 커패시터) 증가추세에 관한 일반개념을 얻을 수 있을 것이다.

1951- 個別트랜지스터

1960- 小規模集積 (SSI). 칩 당 部品數 100 이하

1966- 中規模集積 (MSI). 칩 당 部品數 100~1,000

1969- 大規模集積 (LSI). 칩 당 部品數 1,000 ~ 10,000

1975- 超大規模集積 (VLSI) 칩 당 部品數 10,000 이상

1964년에 Intel 社長 Moore (당시 Fairchild 責任研究員)는 칩 당의 部品數는 평면트랜지스터가 출현한 1959년 이래 매년 2배씩 증가했다고 지적하고 또 이 추세가 앞으로도 계속할 것이라고 말하였는데 그 豫測은 적중하였다. 실리콘 IC 칩은 큰 것이 겨우 넓이  $3\text{mm} \times 5\text{mm}$ 에 두께  $0.1\text{mm}$  (머리카락의 굵기) 정도이다. 이 칩이 (1979년 현재로) 약 150,000개의 部品를 포함할 수 있으며 이것은  $1\text{mm}^2$ 당 10,000개 또는  $1\text{mil}^2$ 당 5개의 部品密度에 해당한다. 이러한 크기는 IC를 처음 배우는 사람에게는 실로 믿어지지 않는 수자이다. 특히 IC는 實驗室에서는 만들 수 없고 生産工場에서나 만들수 있는 것이기 때문에 더욱 그러하다. 마이크로電子工學 (microelectronics)이라는 용어는 이와같은 高密度 IC 칩을 나타내기 위해서 사용한다. 현재 넓이가 약  $6\text{mm} \times 6\text{mm}$ 인 단일 칩 컴퓨터가 市販되고 있다. 이 마이크로컴퓨터는 완전한 汎用디지털 處理 및 制御시스템이며 1977년 현재 (VLSI) 마이크로電子工學의 成就를 과시하는 것이다. 그 해의 統計에 따르면 900億弗 규모의 世界電子産業 중 대부분은 마이크로電子工學에 의존하는 것이었다.

최초의 IC는 디지털論理回路이었다. 이들 게이트를 연결하여 組合論理시스템, 順序論理시스템을 만들었다. 1964년을 출발점으로 하여 線

型集積回路가 출현하였고 그 뒤 애널로그 IC 시스템이 번성하였다.

### 半導體 메모리

디지털 데이터를 記憶시키기 위한 여러가지 트랜지스터回路가 고안되었다. 이들을 等速呼出 記憶裝置 (random access memory ; RAM, 라 하며 최초의 LSI RAM은 1970년에 Intel과 Fairchild에서 시판을 시작하였다. 이들 초기 RAM은 약 1,000비트의 情報를 記憶하는 것이었다. 1973년까지는 Intel과 Mostek에 의해서 16,000비트의 메모리가 소개되었고 지금 (1979년)은 65,000비트 RAM이 생산되고 있다. CCD는 循環메모리 (circulating memory)로 사용할 수 있으며 1977년에 65,000비트 CCD가 생산되었었다.

### 集積注入論理 (I<sup>2</sup>L)

최근까지 MOSFET는 BJT에 비해서 차지하는 넓이는 훨씬 작지만 반면에 速度에 있어서는 BJT가 훨씬 빨랐었다. 그러나 1972년에 IBM (獨逸)의 Berger와 Wiedman 그리고 Philips (和蘭)의 Hart와 Slob가 集積注入論理 (integrated injection logic ; I<sup>2</sup>L),라 불리는 새로운 雙極性 트랜지스터 論理게이트를 발명함으로써 이 상황은 바뀌었다. 이것은 새로운 素子라기 보다는 표준적인 BJT제조기술을 사용하는 새로운 回路構成이다. I<sup>2</sup>L 게이트의 密度는 MOSFET만큼 증가했으며 속도가 빠르고 電力消耗가 적다. 1977년 Texas Instruments와 Fairchild Semiconductor는 I<sup>2</sup>L 칩을 시판하였고 이 論理가 디지털 손목시계, 메모리, 마이크로프로세서에 사용되고 있다. MOSFET에 있어서도 현재 칩 密度와 速度를 향상시키려는 技術改善이 진행되고 있으며 조만간 I<sup>2</sup>L과 MOSFET간의 승부가 결판날 것으로 보인다.

### 통신 및 制御工業

이들 工業은 처음에는 완만하게 固體電子工學을 채택했었으나 이제는 특별한 高壓이나 大電力用을 제외하고는 거의 모든 장비가 트랜지스터로 대체되었다. 중간 정도의 電壓이나 電力用으로는 個別트랜지스터가 사용된다. 이와같은 個別트랜지스터의 용도를 보면 電力스위치 (중이테이프 穿孔裝置나 테이프 驅動裝置), 電動機 制御, 自動車點火시스템, TV 偏向回路, 인버터, 電源裝置, 그리고 低周波 및 高周波出力段 등이 있다. 그외의 응용부문에는 대부분 IC가 사용되고 있다.

통신工業은 마이크로電子工學의 영향으로 커다란 변화를 가져왔다. 1970년의 경우 메시지 量 중에 데이터傳送은 극히 적은 부분을 이루고 있었으나 1980년에는 디지털傳送이 音聲(애널로그)傳送과 같은 量이 될 것으로 예측하고 있다. 오늘날 電話시스템에 있어서 交換과 메모리는 디지털 마이크로電子工學에 의해서 이루어지고 있다. 애널로그인 能動音聲周波필터도 IC에 의해서 만들어지고 있다. 通信衛星이 성공할 수 있었던 것도 또 經濟的으로 지탱할 수 있는 것도 다 이 마이크로電子工學 덕분인 것이다.

마찬가지로 制御産業도 마이크로電子工學에 의해서 커다란 영향을 받았다. 計器化, 試驗, 生産工程의 自動化, 機械工具의 數值制御, 그리고 에너지관리 등은 대부분 디지털制御 및 電算機 制御型이며 集積回路가 있음으로 해서 가능하게 된 것이다.

### 電算機工業

그러나 마이크로電子工學이 革命의 가장 극적인 산물은 전혀 새로운 종류의 산업인 電算機産業의 출현이었다. 計算機械에 대해서는 과거 300년 이상에 걸쳐서 커다란 관심을 쏟아왔었

다. 예를 들면 1633년 獨逸의 Schickhard는 (그의 친구인 天文學者 Kepler 와의 書信에서) 加減乘除 등을 행하는 機械式 計算機에 관해서 서술하고 있다. 그는 10개의 스포우크(spoke)를 가지는 바퀴를 설계하였는데 그중에 하나는 나머지 스포우크보다 길게 만들었다. 이들 바퀴를 정렬시켜 처음 바퀴의 角이 10單位 만큼 증가하면 (이것은 數, 10에 대응한다) 큰 스포우크가 다음 바퀴와 맞물려 한 단위 증가한다. 다시 말하면 그는 자리올림(carry)을 실현한 것이다. 거의 같은 무렵 Pascal (1642년)과 Leibnitz (1671년)도 역시 비슷한 발상을 가지고 있었다. 그러나 機械的인 計算機를 제조하려는 정말 진지한 노력을 한 사람은 약 200년 후(1833년) 英國의 數學教授 Babbage였다. 그러나 그의 發想을 실현시킬만큼 機械技術이 발달하지 못했기 때문에 實用機械를 완성하지는 못하고 말았다.

최초의 實用的인 計算機는 그보다 약 100년 뒤인 1930년에 Harvard대학의 Aiken教授 지휘하에 IBM의 技術者에 의해서 만들어졌으며 "IBM Automatic Sequence Controlled Calculator, Mark I"이라 불리는 電氣機械式의 計算機였다. 길이가 17m이고 높이가 3m인 매우 볼품 없는 것이었지만 15년간이나 계산에 사용되었었다. 최초의 電子計算機는 1946년 University of Pennsylvania, Moore School of Electrical Engineering의 Eckert와 Mauchly에 의해서 만들어졌으며 "Electronic Numerical Integrator and Computer"의 頭文字를 따서 ENIAC이라 불렀다. 그것은 陸軍에서 彈道計算에 사용하였으며 汎用計算機는 아니었다. 그것은 18,000개의 眞空管을 사용하였으며 40개의 장치용 선반을 차지하고 10m × 13m 넓이의 방을 채우는 크기였다.

역시 1946년, IBM은 최초의 小型電子計算

機 603을 만들었다. 2년 뒤에 IBM은 최초의 大型汎用電子計算機 604를 선보였으며 그 후 12년 동안에 4,000臺를 제작 판매 하였다. 그러므로 1948년이야말로 電算機工業이 시작된 해이다. 바로 이 해에 트랜지스터가 발명되었다는 것을 讀者는 기억할 것이다.

이무렵 Harvard, University of Pennsylvania, MIT 및 Princeton 등 여러 大學에서 電算機科學에 관한 연구를 하고 또 政府機關에서 요구하는 專用電算機(special purpose computer)를 개발하고 있었다. 이 研究基金은 각 軍機關(the Signal Corps, the Ordnance Corps, the Office of Naval Research), 標準局, 原子力委員會 등에서 제공하였다. 이들 大學에서 나온 많은 回路와 시스템, 그리고 일반적인 發想 등은 그 뒤의 商用汎用電算機에 채용되었다.

1954년 IBM은 650을 생산했는데 이는 그 당시 產業界의 일꾼으로 지목되었으며 약 1,000臺가 판매되었다. 이들 電子管으로 만들어진 것을 第1世代電算機라 부른다.

1959년에 최초의 第2世代電算機인 트랜지스터電算機가 나왔다. 그것은 IBM 7090/7094系列이며 수년 동안 電算機 시장을 지배하였다.

1965년 集積回路를 사용한 第3世代電算機로서 지금도 유명한 IBM 360이 만들어졌다. 1970년 IBM은 처음으로 半導體메모리를 사용하는 370 시스템을 소개하였다.

이들 값이 비싸고(∼100萬弗) 성능이 우수한 大型電算機 외에도 마이크로電子工學의 발전에 따라 小型 및 中型(∼10,000弗) 미니컴퓨터(minicomputer) 및 훨씬 작고 얇가인(∼300弗) 마이크로컴퓨터(microcomputer)가 대성황을 이루게 되었다. 물론 讀者는 加減乘除算을 행하는 수弗짜리 携帶用計算器도 잘 알고 있을 것이다. Noyce는 1977년에 마이크로電子工學의 영향을 다음과 같이 극적으로 표현

하였다.

300弗이면 살 수 있는 오늘날의 마이크로컴퓨터는 최초의 電算機보다 더 큰 計算能力을 가지고 있다. 그것은 速度에 있어서 20배 빠르며, 記憶容量이 더 크며, 信賴도가 수 천배나 더 높으며, ENIAC이 機關車 만큼의 電力을 소비하는데 비해서 전등하나 만큼의 電力을 소비하며, 차지하는 부피는 1/30,000이고, 가격은 1/10,000이 된다. 그것은 郵便으로 주문하거나 하비숍(hobby shop)에서 살 수도 있다.

이 마이크로컴퓨터는 넓이가  $1/\Delta in \times 1/\Delta in$ 인 실리콘 칩에 만들어진다고 앞에서 지적한 바 있다.

#### ◆ 未 來

지금까지 電子工學 및 電子工業의 역사를 살펴보았다. 80年代의 豫想도 70年代의 延長線上的發展이 될 것으로 생각된다. 이미 電算機工業과 通信工業간에는 “情報操作(information manipulation)” 이라고도 할 수 있는 이름의 工業으로 융합되어 나가는 추세이다. 이것은 情報의 記憶, 分類, 計算, 檢索 및 傳送등을 포함한다. 이와 같은 電算機와 通信의 결합은 여러 분야에 침투하게 될 것이다. 法律, 醫藥, 生體科學, 工學, 圖書館, 出版, 銀行, 豫約시스템, 經營管理, 教育 및 防衛 등 각 분야에 응용될 것이다.

마이크로電子工學의 차동차에의 應用(電子點火시스템, 가솔린放出制御, 安全시스템, 效率改善), 비디오 게임, 家庭(에너지 保存시스템, 家電機器의 制御, 防犯警報裝置, 個人電算機 등), 醫療裝備 및 政府에서 사용하는 電子裝置 등의 응용이 대폭으로 확장될 것이다.

적어도 다음 10년 간은 실리콘技術과 그素子が 電子工學界를 지배할 것으로 믿는다. 素子, 回路, 및 시스템 간의 구분은 더욱 불명료하게 될 것이다. 또한 部品(components), 通



信 (communications), 計算 (computation) 및 制御 (control)의 4C가 계속해서 主要電子工業으로 존속할 것이다. 그러나 그들은 점점 더 접치게 되어 상이한 電子工業으로 식별한다는 것이 매우 어렵게 될 것이다.

다음은 美國에 있어서의 電子市場 규모에 대한 1977년도 統計와 1981년도 豫測을 나타낸 것이다 (單位 10 億弗).

1978년 全電子工業 市場規模는 美國에 있어서 660 億弗, 世界的으로는 1070 億弗이 될 것이다.

	1977	1981
半導體 (總計)	3.25	5.14
IC	2.22	3.99
個別素子	0.90	0.95
光電子	0.13	0.20
電子管 (受信, 電刀, 가스封入)	0.196	0.140

資料: Electronics, January 5, 1978.

pp. 25 - 37.

#### ◆ 우리나라의 電子工業

이제 우리나라 전자공업은 연간 생산 1조원을 돌파하고 수출도 14억불을 달성하기에 이르렀으며 1986년까지는 반도체 및 「컴퓨터」를 국산화하고 부품과 소재의 85%를 自給하며 90억불을 수출하는 세계 제 5위의 전자공업국으로 부상하게 될 것이다.

우리나라는 국토가 좁고 축적된 자본이 부족하며, 부존자원이 빈약하고 「에너지」원도 거의 전부를 해외에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 그 반면에 양질의 인력자원을 비교적 풍부하게 가지고 있다.

전자공업은 다른 산업에 비해서 자금, 물자 및 「에너지」등은 비교적 적게 소모하는 반면에 인적자원을 적극 활용할 수 있을뿐만 아니라 전자제품은 수출의 가능성이 높기 때문에 비교적

우위성이 큰 산업으로서 그 육성 타당성이 입증되어 정부의 중점적인 지원하에 급격한 성장을 거듭하게 된 것이다.

#### 발전과정

우리나라에서 전자공업의 혜택을 받기 시작한 것은 비교적 일러서 1885년 경인간의 철도부설에 따라 개통된 유선통신을 그 효시라 할수 있다. 1927년에는 국립 「라디오」 방송국이 개설되어 일반국민도 전자공업의 혜택을 받게 되었다.

한편 1957년에는 주한 미군 「텔레비전」 방송국 (AFKN)이 개설되어 국내 최초로 「텔레비전」 방송이 시작되었으며 1961년 12월부터는 서울 중앙 「텔레비전」 방송국이 개국되어 「텔레비전」 수상기도 급속히 보급되기 시작하였다. 1958년에는 수입된 부품으로 만든 것이기는 하지만 우리의 기술진에 의해 최초로 진공관식 「라디오」 수신기를 조립 생산하여 우리나라 전자공업의 시초가 되었으며 1962년에는 그 첫 수출을 보게 되었다.

이즈음 정부에서는 경제개발계획의 일환으로 통신시설의 확충사업을 추진하게 되어 자동교환기의 국산화를 비롯해서 각종 통신기기를 생산하게 되었다. 전축등과 같은 기본품목의 국내생산도 이무렵 시작되어 1964년 경에는 40여개의 생산업체가 조성되었으며 중소기업체들도 속출하게 되었다. 본격적인 성장체도에 올라서게 된 전자공업은 1969년 대표적 내구소비재인 「텔레비전」 수상기의 국내조립을 시작하게 되었으며 외국인 투자에 의한 것이기는 하지만 각종 「트랜지스터」와 集積 회로등을 조립가공, 수출케 되었다.

정부는 비교우위성이 큰 산업으로 전자공업의 육성 타당성을 인정하고 수출전략 산업으로 지정하였으며 여러가지 육성책을 추진하던중 1969년 1월에는 전자공업진흥법을 제정 공포하여 이를 제도적으로 뒷받침하게 되었다. 동법

에 따라 1969년부터 1976년까지 전자공업 육성 8개년계획을 수립하고 한국정밀기기센터(FIC)를 비롯하여 국립공업연구소(현 국립표준연구소)와 한국과학기술연구소(KIST)에 각각 전자공업진흥업무를 분담케하여 업계 지원에 최대의 노력을 경주케 하였다.

#### ◆ 현 황

오늘날 우리나라 중화학공업 가운데 수출에 있어서는 전자공업이 제 1위라는 사실은 우리 전자공학도의 자량이 아닐수 없다. 우리나라 전자공업은 1966년부터 1975년까지 10년간 연평균 신장률 55.4%, 수출신장률 78.2%를 이룩하였고 산업생산지수를 통해보면 1971년부터 1977년까지 제조업체 전체는 약 4배 늘어난데 비하여 전자공업은 무려 12배로 성장하였다. 그 결과 전자공업의 국민경제상 지위가 크게 향상되어 1976년의 GNP에 대한 기여도는 1.53%였다. 그리고 1981년에는 2.8%, 1986년에는 3.74%로 높일 것을 목표로 하고 있다.

1975년 말에는 35개 전략육성품과 25개 중점개발품목을 선정하였는데 1977년부터 시작되는 제 4차 경제개발 5개년계획에서도 이들 품목을 비롯한 전자공업을 우선적으로 육성키로 하고 있다. 특히 이들 품목중 반도체공업을 중심으로한 대규모집적회로(LSI), 마이크로프로세서(microprocessor), 발광다이오드(LED) 등 새로운 부품 및 미니컴퓨터(minicomputer) 전자교환기 등 기기의 기술개발과 수입대체를 통한 국산화 촉진에 역점을 두고 있다.

이를 뒷받침하기 위하여 정부는 현재 경북 구미에 있는 제 1전자기지 외에 제 2전자기지 확장계획으로 경북 칠곡군 인동면에 있는 60만평 부지에 반도체와 「컴퓨터」 생산을 지원키 위한 한국전자 기술연구소(KIET)를 설립하고 12개의 반도체 공장 16개의 「컴퓨터」 공장 건설을 추진중에 있다. 또 전자교환기는 1986년에

9백만, 1991년까지는 1천7백만회선을 충족키 위하여 대대적인 계획을 추진중이며 이를 뒷받침하기 위해 한국중신기술연구소(KTRI)를 설립(1977년 12월) 통신기기의 생산과 운용기술을 현대화하기 위한 기틀을 마련하였다.

작년은 전자공업진흥법이 발효된지 10주년을 맞이하는 해였다. 민간주도의 전자공업 진흥업무를 담당하는 전자공업진흥회(EIAK)에서는 그동안 한국정밀기기의 전자진흥부에서 관장하던 업무를 흡수 통합하고 신축 개관된 국제규모의 한국종합전시장에서 대대적인 전자전람회를 갖게 되었을뿐만 아니라 역시 제 10회를 맞게 되는 아시아 전자회의(AEC) 및 제 6회 아세아전자연맹총회(AEU)를 서울에 유치 개최함으로써 전자공업국으로서의 한국의 국제적 지위를 과시하게 되었다.

그러나 전반적으로 전자업체들이 영세하며 축적자본이 부족하여 기업을 적정규모로 대형화하는데 어려움이 있을 뿐만아니라 최근 우리나라 노동임금은 그 상승률이 국제경쟁을 점차 어렵게 하고 있으며 또한 수출 물량의 급증에 따라 주요수입국이 자국 산업 보호를 내세워 직접 또는 간접으로 취하는 수입규제조치를 강화하고 있는 것은 우리 전자공업의 앞길에 커다란 장벽이 되고 있는 것이다.

#### ◆ 전 망

우리는 이러한 문제점들을 하나 하나 해결해 나아가면서 생산과 수출을 지속적으로 성장시켜야 할 것이다.

작년은 18억불이 넘는 수출목표를 달성하였고 1986년까지는 90억불을 수출하는 자유세계 제 5위의 전자공업국을 지향하고 있다. 이 방대한 목표를 달성하기 위해서는 계속해서 매년 26%의 성장이 1986년까지 7년간 지속되어야 한다. 따라서 생산도 최소한 수출의 성장률 이상으로 신장되어야 하며 1986년까지에는 1백30

역불이상의 생산이 전제되어야 하는 것이다.

이러한 목표를 성공적으로 달성하기 위해서 우리는 고급 정밀전자기기와 재료 및 부품의 개발을 적극 추진해야 할 것이다.

노동집약적인 단순 조립보다 기술집약적인 분야의 개발에 힘써야 할 것이며 최선의 세계 인류기술을 선별해서 도입하고 동시에 기업자체도 연구 개발에 적극 참여해야 할 것이다. 기초소재와 부품의 자급도를 높이고 부가가치를 향상시켜 외화 가득들을 제고하고 기술의 축적으로 정밀 전자기기의 생산은 물론 방위산업 육성에 도 기여하게 되어야 할 것이다.

이렇게 될때에 연평균 26%의 실질성장이 가능할 것이고 특히 통신기기를 중심으로 한 산업용 기기의 생산확대가 활발해질 것이다. 흑백 「텔레비전」은 이미 쇠퇴산업으로 사양화하고 있다.

전자공업이 여러 방향으로 활발하게 개발되어 1983년까지는 연간 라디오 1백 27만부, 텔레비전 65억 9백만부를 비롯하여 반도체산업에 있어서 81억 3백만부, 「컴퓨터」산업에 있어서 53억 7백만부 등 총 70억부의 생산계획과 50억부의 수출계획을 세워 수행하고 있으며 정부와 산업계 및 연구소는 삼위일체로 단합하여 한국전자공업의 중흥, 더 나아가서는 한국경제의 중흥으로 선진국대열에 어깨를 나란히 할 준비를 하고 있다.

### 맺음 말

지금까지 살펴본 바와 같이 우리나라 전자공업은 급진적인 수출신장 및 국내수요에 힘입어 눈부신 발전을 거듭하여 왔을 뿐만 아니라 수출산업으로서 그 기반을 다져 지난 해에는 우리나라 전체 수출의 12%라는 큰 비중을 차지하게 되었다.

앞으로도 전자공업의 지속적인 성장을 위해서는 편중되어있는 수출시장의 다변화와 동시에

업계가 필요로 하는 최신정보, 자료를 제공하기 위한 시장조사기능의 강화 및 전자제품수요 「패턴」 변화에 따른 신제품의 개발모색, 신시장 개척을 위한 판매방식의 재검토등 경쟁이 극심한 해외시장에서 비교우위를 확보하기 위해 생산성의 제고를 뒷받침할 시설의 확충과 자동화를 기함은 물론 소비 시장국에서 끊임없이 일어나고 있는 수입규제에 대비할 방안이 다각적으로 검토 강구되어야 할 것이며 동시에 자체기술의 개발을 통한 획기적인 기술혁신과 기술인력의 제발로 품질 고급화에 노력해야겠다.

전자공업 분야는 타산업과 달리 고도의 기술집약 산업으로서 기술혁신이 급변하고 있으므로 이에 능동적으로 대처해 나가야 할 것이다. 이 모든 기업활동이 잘 훈련된 기능공 기술공은 물론 고급기술의 소화 및 새로운 제품을 개발하여 한국전자공업의 수준을 선진국형화 하기 위해서는 기술개발을 담당할 고급기술자의 확보여하에 크게 좌우될 것이므로 유능한 인력의 확보 또한 한국전자공업계의 가장 중요한 당면과제 하나이다.

### 참 고 문 헌

1. Fiftieth Anniversary Issue : Proceeding of the IRE, vol. 50, no. 5, May, 1962.
2. Weiner, C. : How the Transistor Emerged, IEEE Spectrum, pp. 24 - 33, January, 1973.
3. Special Issue : Historical Notes on Important Tubes and Semiconductor Devices, IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED - 23, no. 7, July, 1976.
4. Wolff, M.F. : The Genesis of the Integrated Circuit, IEEE Spectrum, pp. 45 - 53, August, 1976.
5. Special Issue : Microelectronics, Scientific America, September, 1977.