〈技術解說〉

우리나라 電子部品技術開發에 對한 考察과 展望

(A Consideration and Perspective for the Development of Nation's Electronic Components Techniques)

曺 圭 心*
Cho Kyu Shim

Abstract

To date Korean electronic industry has held a position of the first rank both in productions and exports among the nation's industries. However, it is gradually losing its competitive foundation in the world market owing both to the weakening in price competition by least developed among developing countries(LDDC) and to the lack in technological competition with industrially advanced countries.

Specifically it is worried about an industrial subordination to industrially advanced countries owing to an evasion of components supply, control of amount of materials, and the evasion of kernel technology transfer etc.

As the condition has developed, both the government and the electronic industry in July of this year came to jointly establish a research and development center for electronic components for the purpose of rehabilitating the electronic industry and accordingly strengthen the export industry which has been and continuance to be vital to our nation.

1. 머릿말

우리나라는 近年에 이르러 輸入의 依存度가 높은 技術을 우선적으로 開發하여 점차로 增加하는 輸入赤字를 줄이려 애쓰고 있다. 우리나라 製造業中 生産과 輸出이 1位産業으로 確固한 자리를 굳쳐서 電子産業도 최근에 이르러 後發開途國과는 價格競爭力弱化, 先進國에는 技術競爭力 미흡으로 인해 世界市場에서 점차로 경쟁기반을 잃어가고 있다.

특히 先進國의 電子部品供給기피, 物量통제 그리고 核心技術이전 기피 등으로 産業에의 예속화까지 우려되고 있다.

지난달(1991. 8) 業界와 政府가 共同출연한 電子部品綜合硏究所가 門을 연데 즈음하여 우리나라의 電子産業이 再起하는 발판이 되어줄 것이라고 確信하고 충심으로 축하하는 바이다.

* 通信技術士(電氣通信)工博 · 東亞엔지니어링(株) 常任顧問

다음은 電子部品綜合技術硏究所의 創設에 즈음하여 앞으로 留意해야할 몇가지 點과 展望을 정리해본 것이다.

1. 電子部品(또는 電子디바이스)의 基礎

電子部品製造業에 종사하는 技術者 또는 從事者를 위해 다음과 같이 電子部品의 기초(電子物性工學)를 記述한다.

電子디바이스를 사용하면, 整流作用, 增幅作用 그리고 스위치作用 등의 機能을 나타내는 回路가 實現된다. 실제의 電子디바이스(또는 電子部品)에는 電子管인 2極 또는 3極眞空管, 半導體디바이스인 p-n接合다이오드, 接合트란지스터어 그리고 電界效果트란지스터어 등이 있다. 이것들 電子디바이스(또는 電子部品)의 原理나 應用을 이해하려면, 負의 電荷를 갖는 電子나 正電荷를 갖는다고 보는 正孔(hole)의 거동을 충분히 알지 않으면 안된다.

電子나 正孔은 電流를 운반하므로, 擔當體 또는 캐리어(carrier)라고 불리우고 있다. 캐리어가 어떤 機能으로 半導體 등의 材料內에 導入되는가를 아는 것은 重要한 사항이다.

本節에서는 캐리어의 發生機構 또는 캐리어의 行動을 記述하는 基礎方程式을 記述할 必要가 있다.

今日에 이르러서는, 대부분의 경우 電子部品으로서 半導體디바이스가 사용되고 있으므로, 여기서는 半導體디바이스의 基礎事項에 關해 記述하면 된다.

(1) 캐리어의 發生機構

시리콘(Silicon, Si) 등의 4價의 原子는 서로 電子를 共有하여 결합한다. 그림 1(a)와 같이, 시리콘原子만으로 結晶이 構成되어 있는 경우에는, 대부분의 電子는 結合에 기여하고 있으므로, 캐리어는 存在치 않는다고 볼 수 있다. 이 半導體를 眞性半導體라고 말하는데, 그러나, 通常은 熱에너지에 의해 結合에 기여하지 않는 서로 같은 數의 電子와 正孔이 근소하게 存在한다. 그림 1(b)에서는 시리콘의 原子數보다는 적으나, 이때문에, 1개의 電子는 結合에 기여하지 않고, 인(燐 P)이 첨가되어 있는 상태를 보여주고 있다. 실온(室溫) 300K 정도의 熱에너지에 의해 인(P)原子로부터 떨어져서 自由電子로 된다. 즉, 5價의 原子가 1개가, 半導體에 導入되면 1개의 자유전자가 발생한다. 이 原子를 도나(donor)라 부른다. 자유전자를 많이 포함하는 半導體를 n形半導體라 부른다. 그림 1(c)는 P 대신 붕소(硼素)인 B가 첨가된 경우로서, 결합에 기여해야 할 電子가 1개 부족돼 있다. 즉, 孔이 생겨져 있다. 결합에 기여하고 있는 電子가 다른 곳으로부터 移動해와서, 이 孔을 메우면,

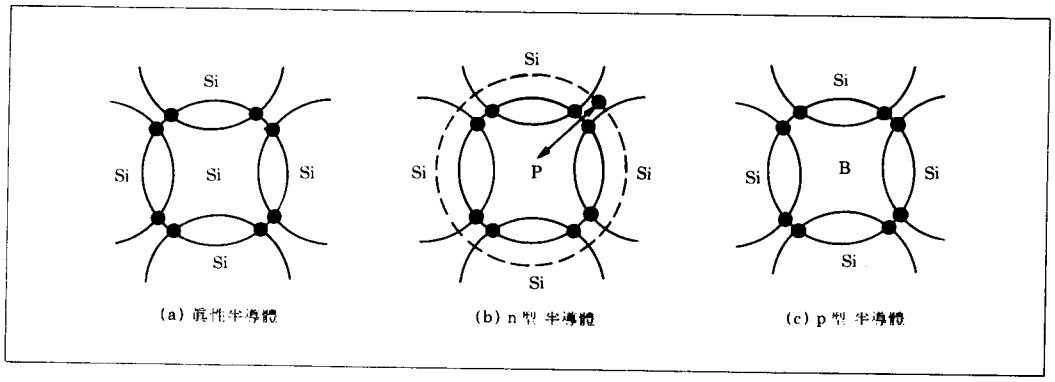

그림 1. 시리콘의 結合모델(黑円은 전자, 白円은 正孔을 표시)

이 孔은 그 電子의 元의 위치로 이동한다. 이 孔이 正의 電荷를 갖는 粒子라고 생각해도 결과는 같다. 이 孔을 포함하는 半導體를 p型半導體라 말한다함을 우리는 알고 있다. 硼素와 같은 3價의 原子를 액셉터어(acceptor)라 함도 아는 사실이다.

(2) 캐리어의 行動을 記述하는 基礎方程式

電子디바이스(또는 電子디바이스)의 機能은 캐리어(carries)의 運動에 깊이 關係하고 있다. 그것을 說明하는 方程式을 다음에 기술한다.

① 電流의 式

電荷를 갖는 粒子가 이동하면 電流가 흐른다. 이 機構에는 두가지 種類가 있다. 그 하나는 電壓印加에 의해 發生하는 電界의 電界의 밑에서 캐리어가 移動하여 생기는 드리후트電流(drift current)이다. 다른 하나는 캐리어의 농도구배(濃度勾配)에 의해 흐르는 확산전류(擴散電流)이다. 電子와 正孔에 의한 電流密度는

$$J_n = q\mu_n n\mathscr{E} + qD_n\frac{dn}{dx}$$

$$J_p = q\mu_p p\mathscr{E} + qD_p\frac{dp}{dx}$$

로 표시된다. 本節에서 사용되는 記號는 표 1에 주어져 있다. 각각의 式에서 右邊 제1항이 드리흐트電流이고, 제2항이 확산전류(擴散電流)이다. 兩型의 캐리어가 存在하고 있는 경우에는 J_n+J_p이 全電流가 된다.

表 1 1절에서 사용되고 있는 記號의 설명

記號	意味(單位)
J_n	電子電流密度[A/m²]
J_p	正孔電流密度[A/m²]
e	電子電荷[C]
μ_n	電子移動度[m²/V·s]
μ_p	正孔移動度[m²/V·s]
n	電子濃度[1/m³]
p	正孔濃度[1/m³]
	電界[V/m]
V	電位差[V]
D_n	電子의擴散定數[m²/s]
D_p	正孔의擴散定數[m²/s]
ε_0	眞空의比誘電率
ε_s	半導體의比誘電率[F/m]
$\rho(x)$	空間電荷密度[C/m³]
g_{ext}	光照射 등에 의해 半導體에 單位時間當의 單位體積內에 生成되는 캐리어 濃度[1/m³·s]
τ_n	電子の壽命[s]
τ_p	正孔の壽命[s]

② 뽀아쏭(Poisson)의 方程式

半導體의 어느 領域에 과잉(過剩)의 캐리어가 존재하여, 電氣的인 中性이 흐트러지면 電界와 電位差가 나타난다. 中性으로부터 벗어난 分의 電荷를 空間電荷라 부르며, 이것과 電位差의 관계를 나타내는 式을 뽀아쏭(Poisson)의 方程式이라 말한다.

1次元에서는

$$\frac{d\mathscr{E}}{dx} = \frac{\rho(x)}{\varepsilon_s\varepsilon_0}$$

이며, $\mathscr{E} = -dV/dx$ 이므로, 뽀아쏭의 方程式은

$$\frac{d^2V}{dx^2} = -\frac{\rho(x)}{\varepsilon_s\varepsilon_0}$$

으로 된다. 3次元의 경우에는

d^2/dx^2을 $\partial^2/\partial x^2+\partial^2/\partial y^2+\partial^2/\partial z^2$ 으로 置換된다. 또, ρ도 x, y, z의 函數이다. 空間電荷가 電子와 正孔에 因하는 경우에는, 각각 $\rho(x)=-qn$ 및 $\rho(x)=+qp$으로 된다.

③ 連續의 方程式

半導體속의 注目하고 있는 領域의 속에서의 캐리어의 濃度의 增減을 定量的으로 취급하는 式이 連結의 方程式이다. 電子와 正孔에 對한 1次元의 각각의 方程式은

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial n}{\partial t} &= +\frac{1}{q}\cdot\frac{\partial J_n}{\partial x} + g_{ext} - \frac{n}{\tau_n}\\ \frac{\partial p}{\partial t} &= -\frac{1}{p}\cdot\frac{\partial J_p}{\partial x} + g_{ext} - \frac{p}{\tau_p}\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

으로 된다. 이 式은 어느 領域의 캐리어 濃度의 時間變化는 右邊의 第1項인 캐리어의 流入, 流出과, 第2項과 第3項의 發生과 消滅에 의해 決定된다는 것을 나타내고 있다. 이 方定式을 풀

므로서 半導體內의 캐리어分布와 그 時間變化를 알 수 있다.

④ 基礎方程式의 應用例

前述의 方程式을 實際의 問題에 適用하는 경우에는, 一般으로 簡單化가 이루어진다. 例컨대, 상당히 큰 電子의 濃度勾配가 있고, 여기에 電界가 무시할만큼 낮으면, 電流의 式은

$$J_n = +qD_n\frac{dn}{dx} \qquad (2)$$

으로 된다. 나아가, 定常상태에서, 外部로부터 캐리어를 發生시키는 機構가 없으면 $\partial n/\partial t=0$, $g_{ext}=0$으로 되며, 式(1)의 제1식은

$$\frac{d^2n}{dx^2} = \frac{n}{L_n^2} - \qquad (3)$$

으로 된다. 단, $L_n=\sqrt{D_n\tau_n}$ 으로 하였다. 이것은 電子의 확산거리(擴散距離)이다. 式 (3)은 확산방정식(擴散方程式)으로 불리우며, 이것을 풀므로서 電子의 空間的인 分布를 알 수 있다. 이 結果를 式 (2)에 대입하면, 電子의 확산전류(擴散電流)를 얻는다.

本節에서 소개된 기초방정식(基礎方程式)은 현실의 전자디바이스(電子device)에 있어서는 物理的인 妥當性을 고려하여 近似式으로하여, 單純한 形으로하여 사용되는 경우가 많다.

2. 半導體

物質에 電壓이 印加되면, 物質內部에 電界가 發生하며, 그 結果로서 電流

$$I=\sigma\mathscr{E}S=\frac{1}{\rho}\mathscr{E}S=qn\mu\mathscr{E}S=qnvS,\ \mathscr{E}v=\mu$$

가 생긴다. 여기서 σ와 ρ는 각각 物質固有의 電氣傳導度가 抵抗率이며, S는 電極斷面, q는 電荷素量, n, μ, v는 각각 荷電粒子의 密度와 移動度와 速度이다. 上式으로부터 명백한 바와 같이, 電流의 大小는 電氣傳導度 $\sigma=qn\mu$의 大小에 依存한다. 따라서 良導體, 半導體 그리고 絶緣體를 電氣傳導度의 크기에 따라 分類하는 방법이 종종 사용된다. 일반으로 電氣傳導度 $\sigma=qn\mu$가 $10^6(\Omega-cm)^{-1}$ 以上이고,, 낮은 印加電界에서도 큰 電流를 발생하는 물질을 良導體, $10^{-22}\sim10^{-14}(\Omega-cm)^{-1}$ 정도이며 電流를 흘리지 않는 물질을 絶緣體, 그리고 良導體와 絶緣體의 中間인 $10^{-9}\sim10^{2}(\Omega-cm)^{-1}$ 정도의 値를 갖는 物體를 半導體로 부르기로 습관으로 되어 있다. 또 물질을 形成하는 材料를 原子間의 결합상태에 의해 이것들 3者를 분류하면, 良導體에는, 金(Au), 銀(Ag), 銅(Cu) 그리고 鐵(Fe) 등의 金屬結合을 형성하는 個體가 主로 여기에 屬하고, 絶緣體에는, 다이아몬드(C), 루비이(Al_2O_2), 水晶(SiO_2), 窒化시리콘(SiN) 그리고 食卓鹽(NaCl)과 같은 酸化物, 窒化物, 共有結合固體 그리고 이온(Ion) 結合固體 등이 여기에 屬한다. 半導體에는, 시리콘(Si), 게르마늄(Ge), 가륨-비소(Ga As) 그리고 인듐-안티몬(In Sb) 등의 共有結合固體가 여기에 속한다.

이 이외에도 밴드模型에 의해, 이것들 3者를 분류하면 그림 2와 같이 圖示된다. 그림 2(a)의 良導體는, 充滿帶와 傳導帶의 사이에 電子가 存在하는 것을 許容하지 않는 금지대(禁止帶)를 갖지 않으며, 傳導帶의 一部와 充滿帶의 一部가 중첩하고 있으므로, 충만대로부터 전도대로 자유전자(自由電子)를 여기(勵起)하기 위해서 光 또는 熱에너지를 필요로 하지 않고, 절대온도(絶對溫度, T=OK)에서도 낮은 印加電界에 의해 電流가 생긴다. 다른 한편 그림 2(b) (c)의 반도체와 절연체는 밴드模型이 대단히 유사함을 알 수 있다. 그리고 어느것도 전도대와 충만대의 사이에 금지대를 가지며, 電流를 발생하는데 필요한 자유전자와 正孔을 발생하기 위해서는 충만대로부터 光 또는 熱에너지에 依해 禁止帶를 넘어서 電子를 전도대로 여기(勵起)하지 않으면 안된다. 이 일은, 半導體와 絶緣體는 共이 暗狀態 그리고 絶對零度(T≒OK)에서 絶緣體라는 것을 의미한다. 그렇지만 半導體인 Si를 예로들면 禁止帶幅이 約 1.1eV이라는 狹帶이고, 또 通常 半導體를 사용하면 T≒300K 부

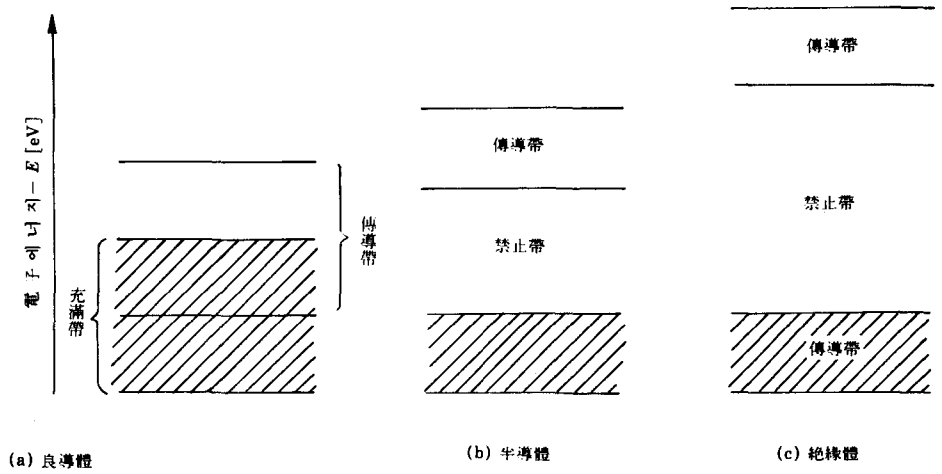

그림 2. 밴드(Band)模型

근의 熱에너지로도 約10^{10}개의 자유전자와 正孔이 발생하는 것으로, 이 溫度로도 비교적 높은 傳導度를 얻을 수 있다. 한편, 절연체인 다이아몬드(C)는 禁止帶幅이 約 5.2eV로 넓으며, T≒300K에서의 자유전자와 正孔密度는 대단히 작으며, 이 溫度에서의 傳導度는 거의 0이라는 것을 알게 된다. 以上과 같이 이제까지 良導體, 半導體 그리고 絶緣體를 명쾌히 定義한 例는 없고, 단순히 機能的, 그리고 습관적으로 분류하고 있을 뿐이다.

3. 主要電子部品의 分類

주요전자부품의 分類는 一定치 않다. 機能裝置에 속하는 (1) 다이오드, 트란지스터, FET, (2) 超傳導素子(代表的인 것, Hg, Sn, Pb, Nb 등)의 性質이나 效果를 利用하여 만드는 超高速컴퓨터用 스윗칭디바이스 其他 各種裝置, (3) 物理, 化學, 生物의 法則을 應用하여, 對象物의 상태를 검출하고, 그 상태에 대응하는 信號로 변환하는 센서素子(*Sensor element*), (4) 太陽電地 小型卓上계산기, 손시계, 메모리素子, 光메모리素子, 撮像管 또는 복사기 등 여러가지 部品으로 사용되는 알모화스半導體, (5) 入射한 光을 電氣的에너지로 변환하는 電子디바이스인 光電地, (6) 多方面에서 利用되는 레이서(LASER)이며, 最尖端技術은 전부가 레이서를 제외하고는 생각할 수 없게 되었다. (7) IC, LSI, VLSI 製造技術, (8) 氣體, 液體, 固體內의 電子를 利用하는 오푸트에렉트로닉스(Opto-electronics), (9) 起音波디바이스로 分類되어 製造된다.

4. 우리의 電子部品生産과 課題

우리의 電子産業은 國內製造業中 生産과 輸出에서 1位産業으로 성가를 드높여왔다. 今年의 上半期中에 半導體·素子, 컴퓨터, 통신기기 등 우리나라 情報産業 全體輸出額은 지난해 같은 기간에 비해 절반을 넘었다.

그러나 우리의 電子産業은 後發開途上國과는 가격경쟁력 약화, 선진국과는 기술경쟁력 미흡으로 인해 세계시장에서 점차로 경쟁력 기반이 흔들리고 있는 추세에 있다.

특히 先進國의 전자부품공급 기피, 물량통제, 그리고 핵심기술 이전의 기피 등으로 전자산업이 이들의 그것에 예속화되지 않을까 하는 우려속에 지난달 정부와 업계가 공동으로 출연하여 電子部品技術硏究所를 설립하였다하니 참으로 시기적절하고 電子産業 재기의 발판을 마련한

技術立國的, 輸出主導的 그리고 創意·創造的 着想이라 하겠다.

電子部品의 종류는 다양하다 하겠으나 특히 우리나라와 研究所가 우선적으로 개발하여야할 品目은 輸入依存度가 높은 電子部分技術을 개발하여야 할 것이다. 우리나라 전자산업이 70~80년대에 급성장해 오다가 90년대에 들어서는 다소 정체하고 있는 것은 부품기술부족, 전자업계의 노력미흡 등에 기인한다고 보고 있다. 이를 증명이나 하듯이 최근까지 튼튼하였던 중견 전자업체들이 속속 도산하고 있는 사태는 우리나라 전자산업의 위기까지 확대해석하고 전자생산업계와 정부의 정책적 배려를 필요로 하게 이르렀다.

5. 결 론

우리나라의 전자산업이 앞으로 성공하려면 시장주도형 부품부터 개발하면서 차츰 기술주도형 첨단부품으로 발전시켜나가야할 것이다. 우리나라의 전자산업은 셀트를 생산하는 대기업 위주로 발전해 왔으며 셀트조립기술은 세계적 수준에 와있다 할 수 있으나 전자부품산업은 상대적으로 취약한 실정에 있다. 전자부품기술의 연구개발과 수출산업으로 성공을 하는 것이 전자산업을 재도약하는 길이라본다. 이에는 (1) 연구 및 기술인력의 확보문제, (2) 부품개발우선순위 문제 (3) 기술·장비도입계획 문제, (4) 기업과 정부의 공동출제문제, 그리고 (5) 우리가 개발한 주요부품에 대한 선진국들의 가격덤핑공세 등 여러가지 어려운 문제가 가로놓여 있다. 그러나 정부와 연구소가 기술개발을 적극 지원하고 또 지금 수백개에 달하는 기업들이 힘을 합쳐 협력한다면 앞으로 2~3년대에 기업들은 만족할만한 성과를 거두리라 전망하여 정부도 종래와 같이 전자산업을 제조업종중 생산수출 1위의 산업으로 지속시킬 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

1. 韓國經濟新聞
2. 韓國每日經濟新聞
3. 韓國電子工業年鑑(1991 및 1991 年度)
4. 電子工學의 基礎(漢陽大, 李永根)
5. 電氣材料, 東海大學出版會
6. 電氣·電子材料, 赤崎勇(編), 朝倉書店(1985)
7. 現代電子材料, 馬場, 本間 等, 講談社
8. 新金屬材料－特性과 加工技術, 日刊工業新聞社
9. 電子디바이스入門, 東海大學
10. 電子物性工學, 東海大學出版部
11. 最新電子디바이스入門, 技術評論社(1983)
12. ァキルファス半導體의 基礎, オーム社
13. 集積回路技術, 工業調査悔(1976)
14. 集積回路基礎基技術, 伊藤(二人), 昭·堂
15. LSI技術, コロナ(1979)
16. Electronic Element of Solid State, D.V. Morgan, M.J. Howes MacGRAW Hill Book Store)