

技術解説

트랜지스터의 製造過程과 그 特性

沈 奎 萬\*

政府의 電子工業 振興政策에 힘입어 外國의 유수한 半導體 및 IC 등의 電子部品 製造工場이 우리나라에 그 資本과 技術을 이미 導入하였고 現在 몇몇 工場들이 生産을 하고있는 차제에 어떠한 種類의 트랜지스터를 어떻게 만들고 그 特性과 用途는 어떠한지 한번 살펴보기로 한다. 數種의 製造方法과 半導體를 일일이 설명할 지면이 충분하지 못한 관계로 筆者가 勤務하고 있는 工場에서 製造되는 Silicon Planar Transistor를 중심으로 설명하고자 한다.

1. 트랜지스터의 種類

가. Die(트랜지스터의 에미터, 베이스, 코렉터 三部分의 接合體의 總칭)의 製造過程에 따라 다음과 같이 분류된다.

- (1) 合金형 (2) 成長형 (3) MESA형 (4) Planar형

本工場에서 使用하고 있는 Die는 Silicon Planar형인데 그 特性을 살펴보면 그림 1에서 보듯이 表面에 SiO<sub>2</sub>의 膜을 입혀 외부의 影響을

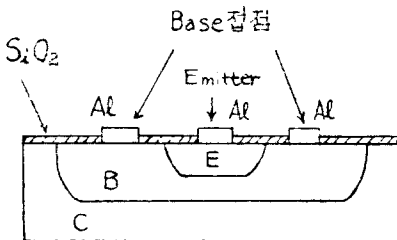


그림 1

\*Semikor株式會社 電子機器 整備擔當

방지함으로써 누설전류, 잡음을 감소시키고 차단주파수(VHF帶까지 사용가능)를 높이고 코렉터 부분이 직접 熱放散部分에 連結되므로 電力容量이 커지며 따라서 신뢰도가 높아지는등 長點이 상당히 많다. 그림 2는 上部에서 본 Die의 확대사진이다.

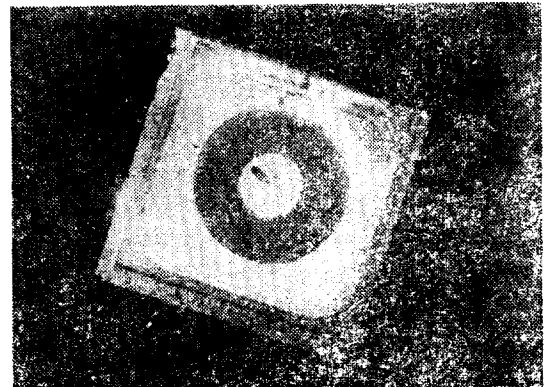


그림 2

나. 위의 Die를 利用하여 NPN 및 PNP 二種의 트랜지스터를 製造하고 있으며 고주파(FM/AM 檢송), 저주파용등 그 용도와 목적에 따라 設計된 各種類로 細分된다.

2. 製造 過程

Die 自體는 高度의 技術을 要하는 精密製造過程을 통해 만들어지는 것으로 本工場의 美國 本社에서 보급을 받고 있으므로 그 Die의 以後過程을 간략히 說明하고자 한다.

가. Die 接着

코렉터 발에 해당하는 리드의 머리부분에 Die

를 接着시키는 過程이다.

나. 리드 接合

에미터와 베이스에 해당하는 接合體에 극히 가는 金線을 接合시킨다.

다. 헤더 組立

CERAMIC BEAD에 E.B.C. 三個의 발을 組立한다.

라. 리드 熔接

에미터와 베이스接合體에 接合된 金線을 各各의 해당하는 발에 熔接시킨다.

마. 코팅 (Coating)

Die를 습기로부터 보호하기 위하여 다이 上部를 특수화학물질로 씌운다.

바. 포팅

CERAMIC BEAD 上部에 Epoxy라고 부르는 특수화학물질을 부어서 노에서 구어낸다. 一般的으로 우리가 보아온 金屬트랜지스터와 구별하여 트랜지스터라고도 부른다. 그림 3은 製造過程을 圖示한 것이고 그림 4는 作業장경이다.



그림 4

결부되어 그 電氣的 特性이 均一하지 않으므로 다시 그 電氣的 特性을 檢査 分類한다.

### 3. 特性 檢査 및 分類

가. 檢査하는 特性의 種類

ㄱ. 漏泄 電流 (Leakage Current)

理想的인 半導體에서는 逆方向電壓을 걸었을 때 전역 전류가 흐르지 않아야 한다. 그러나 실제의 경우 어느 정도의 누설 전류는 흐르게 된다. 이 누설 전류의 크기를 測定한다. 그 一例로 Icbo의 測定回路를 그림 5에 圖示한다.

ㄴ. 破壞 電壓 (Break-Down Voltage)

逆方向電壓을 增加시키면 어느 限界까지는 漏泄電流의 微小증가 현상만 일어나지만 그 限界點을 넘어서면 接合部分이 破壞되어 버린다. 이때의 電壓을 測定한다.

ㄷ. 飽和 電壓 (Saturation Voltage)

順方向의 電壓을 걸어주고 서서히 增加시키면 어느 電壓値에 이르러 急激히 電流가 增加하게 된다. 이때의 전압이 포화전압이다.

ㄹ. 電流增幅率 (Beta 또는 hFE)

共通에 미터接地回路에서 Base전류에 Collector 電流比를 말한다.

$$\text{即 } h_{FE} = \frac{I_c}{I_B}$$

指定된 코렉터電壓을 걸어주고 어느 값의 베이스電流를 흘렸을 때 코렉터에 흐르는 電流値를 測定하여 hFE를 계산하여 구한다.

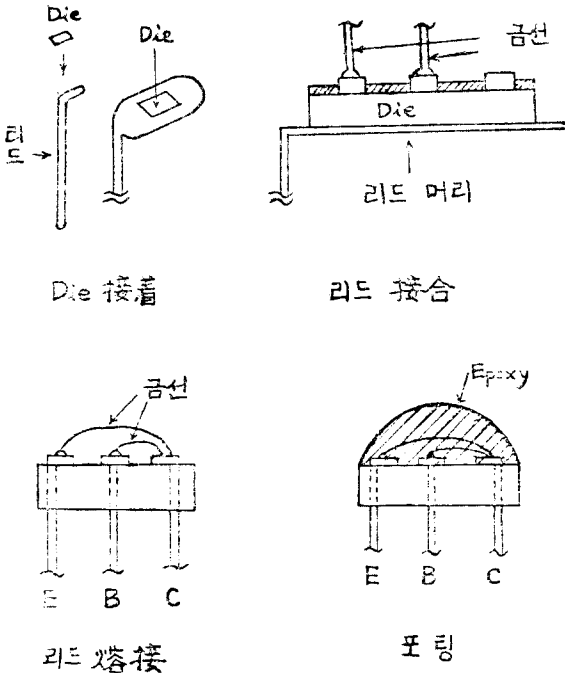


그림 3

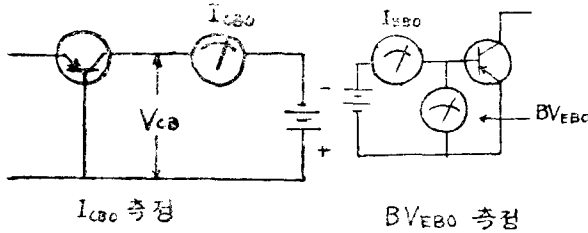
以上の 六個過程을 끝내고 나면 外觀上 完全한 製品이 된다. 그러나 製造過程中 諸要因이

ㄱ. 交流 電流 增幅率 ( $h_{fe}$ )

前項의 增幅率로 直流特性인데 反하여 이번 測定은 베이스에 交流 信號를 加하여, 그 때의 電流 增幅率을 구한다.

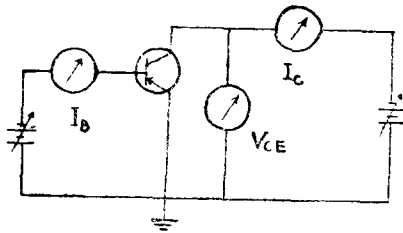
ㄴ. 極間 容量

E와 B간, C와 B간, C와 E간의 容量을 測定한다.



$I_{CB0}$  측정

$BV_{EB0}$  측정



$h_{FE}$  및  $V_{CE(sat)}$  측정

그림 5

以上の 各種 特性을 測定檢査하여 어느 特定製 品의 基準値와 比較한 후 해당級으로 分類한다.

實例로 低周波 드라이버 및 B級 增幅器에 PNP 使用되는 트랜지스터의 特性을 列擧해 본다.

特性	條件	基準値
(1) $h_{FE}$	$I_C=50mA$ $V_{CE}=1V$	35-202
(2) $I_{CB0}$	$V_{CB}=10V$	500mA
(3) $BV_{EB0}$	$I_E=10\mu A$ $I_C=0$	3V
(4) $V_{CE(Sat)}$	$I_C=250mA$ $I_B=25mA$	1V

(以上の 값은  $25^{\circ}C$ 에서 測定)

나. 檢査에 使用하는 電子試驗機器

上記의 諸特性을 測定檢査하는데 必要한 機器 中 가장 代表的인 것 數種만 소개한다.

ㄱ. 特性 曲線 測定器 (Curve Tracer)

트랜지스터의 特性線을 CRT上에 나타나게 하여 그 값을 測定하는 試驗器이다. 根本 動作原理는 Oscilloscope의 그것과 같다. 다만 베이스에 要求하는 電流를 흘려주는 回路部分이 부가 되

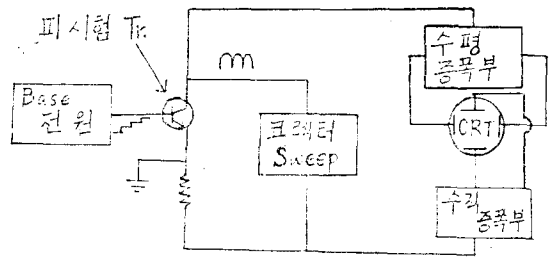


그림 6

있고 水平偏向用 電源은 톱니파 代身 全波 整流된 120cps波를 使用한다(그림6 참조). 우선 코 렉터曲線群을 살펴보자(그림7 참조). 水平軸에 코 렉터電壓, 垂直軸에 코 렉터電流가 표시되었고 各各 다른 베이스電流에 依한 코 렉터電流曲線群이 화면 상에 나타나 있다. 여기서  $h_{FE}$ 를 구해본 다.

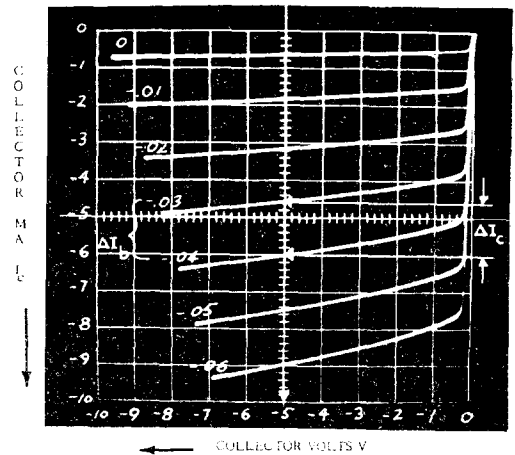


그림 7

$$h_{FE} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{1.4 \times (1 \times 10^{-3})}{0.01 \times 10^{-3}} = 140$$

則 피시험 트랜지스터는  $V_{CE}=5V$   $I_C=6mA$ 에서 전류증폭율이 140이다.

다음 그림 8은 코 렉터 破壞電壓波形이다. 코 렉 터電流가 1.0mA일 때 파괴電壓이 54V임을 알 수 있다.

스터에는 漏泄電流가 흐른다. 이 누설電流로 인한 R3間의 電壓장치가  $-V_{REF}$ 와 같으면,

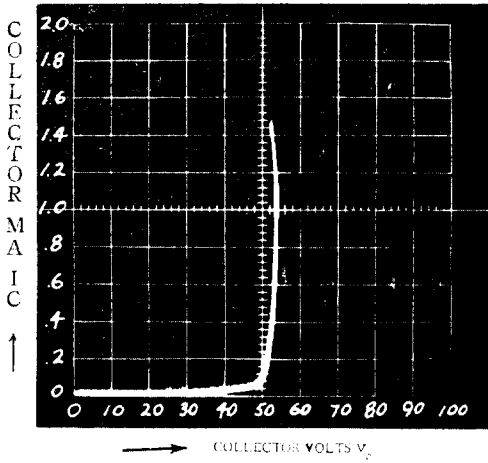


그림 8

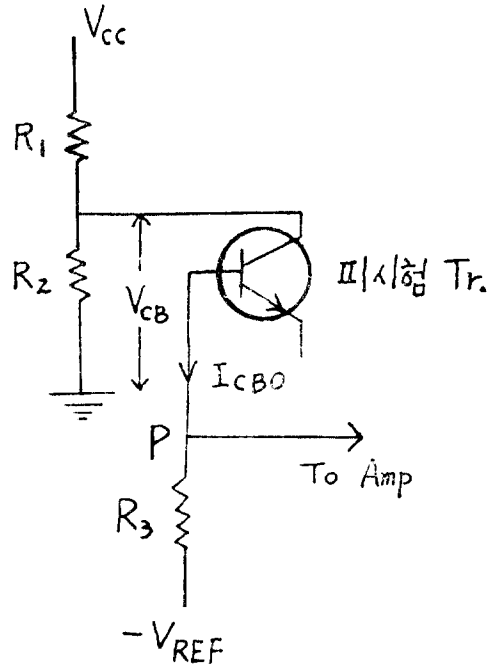


그림 10

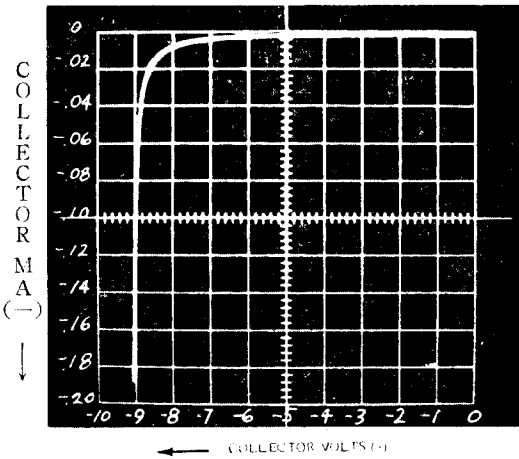


그림 9

그림 9는 Zener Diode의 逆破壞電壓曲線이다. 逆電流가 0.1mA 以上에서는 그 電壓이 9V로 定電壓을 유지함을 알 수 있다.

나. 電子計算器型 半導體 分類器

曲線 測定器에서는 値를 直接 읽어 基準値와 比較하는데 反하여 이 分類器는 定해진 基準値에 對한 合格如否를 判定한다. 구체적인 回路例를 들어본다. 그림 10은  $I_{cBO}$ 를 判定하는 回路이다. R1과 R2의 저항으로 電壓을 分할하여 測定條件에 맞는 CB間 電壓을 얻는다.

이 逆方向 電壓으로 因하여 시험하는 트랜지

即  $I_{cBO} \times R_3 = -V_{REF}$ 이 成立되면 P點의 電位는 零이 된다. 만약 漏泄電流가 基準値보다 크면 P點의 電位가 陽으로 되고, 基準値보다 작으면 陰으로 되어 陽 또는 陰 即 合格, 不合格으로 判定을 한다. 이러한 시험기기를 Go No-Go式 기기라 稱한다. 同一한 方法으로 其他 特性을 20가지 까지 判定할 수 없다. 測定하고자하는 試驗條件을 適當한 順序로 배열하면 (Programming 이라 칭함) 순차적으로 시험을 시행, 그 合格如否의 答을 記憶裝置에 전달한다. 이 記憶裝置에 보관된 20가지 해답에서 요구하는 製品의 等級別로 分類하여 해당 番號에 對한 불을 켜준다. 作業者는 단순히 트랜지스터를 窺은 다음 불이 켜진 번호에 집어넣으면 되는 간단한 動作을 반복할 뿐이다. 技術訓練이 必要없고, 그 測定과 判定 分類에 要하는 時間이 트랜지스터 한개당 1 내지 2초이므로 每時間 約 千여개 以上을 분류하는 셈이다.

測定 誤差가 적은點, 短時間에 大量 分類할 수 있는 能力 등, 한번에 한가지 特性밖에 못 재는

在來의 測定器에 比하던 이들이 도저히 딸아갈 수 없는 長點을 지닌 産業化한 電子計算器이다. 이는 本工場의 本廠에서 發明 開發한 것으로 半導體 分類機器中 으뜸가는 것이다. 記憶裝置, 論理回路等 電子計算器의 基本原理를 利用하여 만든 것인데 상세한 動作原理와 回路소개는 다음 기회로 미룬다.

ㄷ. 電流 增幅率 分類器

앞의 기기와 같은 Go No-Go형식의 기기로서 미리 배열한 電流增幅率의 等級基準值와 比較하여 合格, 不合格으로써 어느 級에 해당하는가를 分類하는 것이다. 이의 動作原理도 電子計算器의 基本原理를 利用하였고 作業者는 단순히 트랜지스터를 꼽고 불이 켜진 번호에 집어넣기만 하였던다.

ㄹ. 極間 容量 測定器

高周波用, 檢波用, FM의 AFC용 트랜지스터는 그 極間容量이 回路動作에 미치는 영향이 크기 때문에 어느 制限된 限界에 있는가 確認할 必要가 있다. 그 動作原理는 LC發振回路에 被測定容量 C'를 C에 並列로 連結하면 그 發振 周波數가 달라지는 현상을 利用하여 極間 容量을 測定하는 것이다.

4. 利用 分野

以上の 製造過程과 檢査 分類過程을 통하여 完成된 製品은 漏泄電流가 작고 高速度 Switching에 適合한 고로 電子計算器 部分品으로 많이 사용된다. 또한 수명이 길고, 진폭도가 커서 人工 위성, 우주선, 항공기의 電子回路 部分品으로도 사용되고 있다. 이들은 우리생활과는 다소 거리가 있는 것이므로 오히려 日常生活에 가까운 트랜지스터 라디오에 어떻게 이용되고 있는가 보자.

가. 高周波, 中間周波部分

재래의 Germanium 트랜지스터를 利用하던 回路에 다소의 回路定數를 조정하여 본 Silicon Planar 트랜지스터를 대치시키면 그와 同等한 또는 그 以上の 性能을 發揮하는 회로가 된다.

나. 低周波部分

PNP 트랜지스터를 利用하는 Complementary

회로의 SEPP OTL 증폭회로가 가능하다. 入出力트랜스를 적어야 하는 종래의 회로에 비하면 우선 회로 부분품이 적게 들고 部分品 配置 面積이 節約되고 周波數 特性이 좋아지는 등 相當히 많은 長點을 지니고 있다. 實例로 本廠 製品을 利用한 Complementary OTL 증폭 회로를 그림 11에 소개한다.

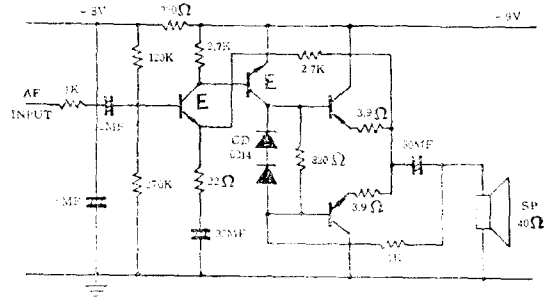


그림 11

이 回路의 無歪最大出力은 150mW이고 最大出力은 250mW이다.

이 回路에 使用된 NPN, PNP 트랜지스터中 PNP 트랜지스터의 最大定格値는 다음과 같다.

ㄱ. 最大溫度

- 動作接合部 溫度 125°C
- 저장溫度 -55°C ~ +125°C
- 납땜溫度(10秒時限) 260°C

ㄴ. 最大電壓

- V<sub>CES</sub> -12V 또는 -25V
- V<sub>CEO</sub> -12V 또는 -25V
- V<sub>EBO</sub> -3V

ㄷ. h 定數

- h<sub>ie</sub> (Input Resistance) 480~2Kohm
- h<sub>oe</sub> (Output Conductance) 80~1200μmhos
- h<sub>re</sub> (Voltage Feedback Ratio) 162~1500×10<sup>-6</sup>

h<sub>fe</sub> (Small Signal Current Gain) 100

以上の 測定條件은 I<sub>c</sub>=10mA V<sub>ce</sub>=-10V이다.

그림 12는 그 크기를 나타낸다.

이 以外 低周波用 트랜지스터의 特性소개와 이를 利用한 回路圖는 생략한다.

## 5. 後 記

以上 간단하나마 製造過程에서부터 그 特性分類 그리고 그 用途에 대해서 살펴오았다. 理論的이고, 技術的인 面에서 더욱 깊이 說明을 하고자 했으나 不足한 실력과 紙面關係, 社의 保安關係등으로 制限을 받게 되었음을 심심히 생각한다.

敝社는 美國 Fairchild의 종속회사로 外資導入법에 依하여 約 二百餘萬弗의 資本으로 設立된 Semikor株式會社이다. 現在 종업원 七百餘名이 근무하고 있으며 이미 每週 百萬個 以上을 生産하고 있다.

敝社의 作業現況을 보시고자 원하시는 분은 하사라도 연락하시던 환영하겠으며 敝社 製品을 利用하시고자 하실 경우에도 쾌히 응하고 있다.

이런 기회에 充分히 說明을 못한 部分에 대해서는 차후의 기회를 약속하며 이만 주린다

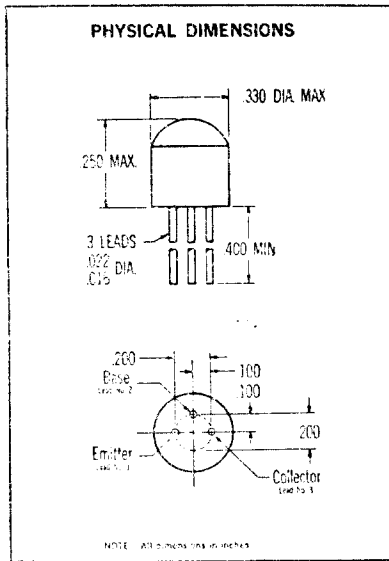


그림 12

## 原 稿 募 集

第5卷 第1號의 原稿를 다음과 같이 募集하오니 會員諸位께서는 많이 投稿하여 주시기 바랍니다.

## 記

- (1) 內容: 論文, 技術解説, 各種報告, 施設紹介, 製品紹介, 短論, 新文獻紹介, 技術相談
- (2) 200字 原稿紙를 使用하고 頁數에 制限없으나 本會投稿規定에 따를것
- (3) 期日: 1968年 2月30日限
- (4) 送付處: 서울特別市 鍾路區 新門路 1街24(高麗빌딩 306號室) 大韓電子工學會(電話 72-7519)
- (5) 會誌에 關한 問議處:
  - (가) 韓國科學技術研究所 鄭萬永(電子工學責任研究官) (電話 75-1461-5)
  - (나) 延世大學校 理工大 電氣工學科 楊仁應(教授), 金鳳烈(助教授) (電話 32-5311~9, 32-5321~5)
  - (다) 原子力研究所 金俊謫(研究官) (電話 92-5285~9)