

## 플래너·다이오드와 트랜지스터의 試作(第I報)

### (Processes For Fabricating Planar p-n Diodes and Planar n-p-n Transistors.)

正會員 鄭 萬 永<sup>\*</sup> 正會員 安 柄 星<sup>\*\*</sup> 正會員 金 俊 鎬<sup>\*\*\*</sup>  
(Chung, Man Yung) (Ahn, Byung Sung) (Kim, Joon Ho)

#### 要 約

실리콘 플래너트 npn 트랜지스터 製作過程을 記述하였다. 表面處理, 酸化, K.P.R. boron擴散, 磷擴散 및 Al 蒸着等은 重要한 過程들이다. Boron層은 box method로  $B_2O_3-SiO_2$ 系擴散物을 使用하여 만들었고 磷은  $P_2O_5-SiO_2$ 系擴散物을 使用하였다. 이 中間過程으로서 “실리콘·플래너·다이오드”도 製作되었다.

#### ABSTRACT

Fabricating processes of silicon planar n-p-n transistors are described. These processes include material preparation, oxidation, photoresist, boron diffusion, phosphorous diffusion, and aluminium metalizing. Boron layer has been diffused in n type silicon from  $B_2O_3-SiO_2$  source using the box method, Phosphorous layer has been diffused from  $P_2O_5-SiO_2$  source with the same method. The planar diodes are also fabricated by the processes described above.

#### 1. 序 論

트랜지스터가 發明된지 不過 18年밖에 안되지만 이젠 60年間に 걸쳐 電子工學發展의 核心을 이루어 온 眞空管의 性能을 大出力의 送信管이나 電子流에 依한 走査 또는 光電分野를 除外하고는 거의 凌駕하게 되어 가고 있다. 그것은 1948년에 點接觸型 트랜지스터가 發明된 이래 잇달아 接合型, 成長型, 메사型 등으로 發展되었으나 그後 1960년에 플래너 트랜지스터製作法이 Fairchild에 依해서 發表되자 마치 三極眞空管으로부터 미니어 쿼의 五極管이 萬能型으로서 出現한 것과 比等한 役割을 하게 되었다. 여기에서 Planar의 技術은 1인치 直徑의 wafer 위에 精密寫眞製版法으로 한꺼번에 1000乃至 2000個의 트랜지스터를 만들 수 있게 되자 從來의 저대니움 트랜지스터를 이와같은 方法으로서 실리콘 트랜지스터로 바꾸게 하면 그 生産價格이 從來의 저대니움型 以下の 것으로 할 수 있게 되었다. 이러한 것이 1962년에 이르자 耐壓과 使用周波數를 더 높이기 위하여 에피

택살화된 것으로 發展하였고 한편에서는 이와같은 Si 플래너技術이 基本이 되어서 接合型電界效果 트랜지스터에서 電界制御로 作動할 수 있는 것이 高入力임피던스 이면서 低雜音增幅器를 實現할 수 있게 됨으로써 트랜지스터의 活用範圍은 大電力眞空管을 除外하고는 모든 分野에 있어서 從來의 이 方面에서 活用되어온 眞空管을 驅逐하게 되었다. 특히 集積回路要素로서 微小型化된 回路樣式에서는 完全히 本技術의 獨占舞臺가 되어 가고 있다.

바야흐로 이와같은 트랜지스터技術의 轉換點에서 있는 우리는 Si 플래너技術을 다이오드 트랜지스터의 試作에서 國內電子工業의 새로운 바탕을 마련하려고 한 것이다. 여기서 外國에서의 이미 開發된 製作法을 그대로 踏襲하지 않고 改良된 方法의 하나로서 n-p-n Si 플래너 트랜지스터를 만드는데 있어서 박스 메소드(Box Method)로 캐리어 가스(Carrier Gas)를 使用하지 않는 方法을 써서 트랜지스터作用을 할 수 있도록 하는 것을 試圖하여 보았다. 한편 이 途中過程에서 Si 다이오드를 副產物로 製造하여서 그 電氣的인 動作特性을 理論值와도 比較檢討하여 보았다.

\* \* \* \* \* 原子力研究所 電子工學研究室  
Electronics Div.  
Atomic Energy Research Institute

接受日字 1965. 12. 19

紙面關係上 以上の 報文을 그 製造過程에서 問題가되는 技術的面을 어떻게 解決해 나갔는가하는것을 第 I 報로 하고 繼續해서 眞空蒸着에依한 電極製作과 電氣의인 特性및 그에對한 理論的檢討를 第 II 報以下에서 報告하기로 하겠다.

2. 本 論

Si 프레너 트랜지스터를 製作하기 爲한 試料의 處理過程을 크게 分類하면 그림 1과같다. 即 처음에 直徑 1"의 圓板狀의 Si 試料를 表面研磨技術로서 래핑(Lapping)과 포리싱(Polishing)을 한 다음 여기에 所望의 넓이와 깊이를 갖는 베이스擴散을 하고 그 위에 마찬가지로 에미터擴散을 한다. 그 後에 各 部分에 電極을 붙인다. 그림 1은 이 電極 蒸着過程까지 있으나 이후의 過程들은 이 實驗室에서는 할수가 없다. 그러면 그림 1의 順序를 따라 그 過程들을 詳述하면 다음과 같다.

1. Si 試料의 表面處理

Si 試料는 二種類를 使用하였다. 하나는 單結晶 棒을 使用하였고 또 하나는 크리닝만을 해서 곧장 表面酸化를 시킬 수 있는 試料이다. 後者는 또 다시 다음과 같이 分類된다.

WAFER PREPARATION → BASE DIFFUSION → EMITTER → ELECTRODE

그림 1. 트랜지스터 製作過程

(Fig 1. Transistor processes flow chart)

(1) non epitaxial wafer

(2) epitaxial wafer

이들의 規格은 다음과 같다.

(i) non epitaxial wafer : n type Si

resistivity : 1Ω-cm(doping level 10<sup>15</sup>imp/cc)

dopant : phosphorus

thickness : 8~10mils

cutting plane : <111>

(ii) epitaxial wafer: n type Si

epitaxial layer resistivity : 1Ω-cm

epitaxial layer thickness : 0.45mils

Si substrate resistivity : 0.008~0.01Ω-cm

그림 2는 Si 試料를 表面處理하는 過程이다. 곧장 酸化시킬 수 없는 試料가 아닌것은 이 過程을 거쳐서 處理된다.

固相擴散(Solid diffusion)를 採用하고 있는 프레너 트랜지스터 製造過程中에 이 處理가 잘 안되어 不適當한 研磨를 하면 그 電氣的 特性은 아주 나쁘게 된다.

이것을 배제하기 위해서 조심해서 다음과 같은 注意를

하였다.

(가) Si 棒을 0.5mm 程度로 折斷하고 에메리 研磨劑 280番, 500番, 1000番, 1500番차리를 順序的으로 使用해서 핸드래핑을 해서 다이아몬드 브레이드 스크래치를 없앤다. 래핑 프레임은 8" 直徑 유리를 使用하였다. (研磨時間 30分間)

(나) 포리싱은 研磨劑 粒徑 5μ(1500番)되는것을 沈澱分離를 해서 試料表面의 후레트네스(flatness)가 생기도록 손의 壓力을 적당히 주어서 하였다. (研磨時間 10分間)

(다) 래핑과 포리싱이 끝난 試料는 蒸溜水(比抵抗 200 kΩ)로 씻고 다시 디이온화(deionized)된 물로 噴霧해서 크리닝을 하였다. 크리닝은 表 1처럼 하였다.

(라) 래핑과 포리싱 때문에 생기는 加工層을 없애기 爲해서 表 2에 든 試藥中 CP-4A(3 : 5 : 3)로 30秒間 에칭하고 디이온화된 물로 씻는다. 이때 Si 表面은 强하게

表 1.

試 藥	時 間	備 考
Methanol	5min	rinse
Acetone	5min	rinse
Trichloroethylene	5min	rinse
"	2min	wash
Trichloroethylene	1min	soak
Acetone	1min	Soak
Methanol	1min	Soak
High resistivity water	1min	soak
"	30sec.	spray

SILICON SINGLE CRYSTAL → SLICING → LAPPING → CLEANING → ETCHING →

그림 2. 試料 表面處理過程

(Fig 2. Process of wafer preparation from silicon ingot)

表 2.

	HE (48%)	HNO <sub>3</sub> (70%)	CH <sub>3</sub> COON (99~99.98)	NH <sub>4</sub> F	NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub>
CP-4A	3	5	3		
2-3-4	2	3	4		
20P					20% Solution
SiO <sub>2</sub> Etch	10			20	H <sub>2</sub> O : 30
Gum Etch-1	Alabian Gum 25g Glycerine 15c.c. NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub> (Sat.) 30c.c.				
Gum Etch-2	Alabian Gum 25g Glycerine 75c.c. NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub> (Sat.) 30c.c. Ammonia 1/3 Vol.				
HF Stain	50	3drops			
Copper Stain	10%	CuSO <sub>4</sub> Sat.			
Chrome Etch	50	Chromic Acid Anhydrous	50		

排水性(hydrophobic)을 띤다. 이것으로 表面處理는 끝나는데 試料를 에칭하는 要領을 들어 보면 表面 크리닝은 에칭하기 前에 完全히 해야 하고 디이온화된 물로 씻을 때는 흐르는 물에 씻거나 噴霧를 하거나 해야 된다. 에칭할때 試料上의 물기를 全部 蒸發시켜야 한다. 또 에칭速度가 느리면 오렌지 필 효과, 에치 피트 등이 나타난다. 反面 速度가 빠르면 反應熱때문에 反應이 加速度的으로 일어나므로 이것도 역시 注意가 必要하다. 이 反應速度를 調整하는 方法으로 酸化劑나 溶解劑外에 反應促進劑, 反應抑制劑等을 使用한다. CP-4A 中 HNO<sub>3</sub>는 酸化劑이고 HF는 溶解劑이며 CH<sub>3</sub>COOH는 反應抑制劑이다.

이것으로 表面酸化시킬 準備가 完了되었다. 그림 3은 酸化와 擴散에 使用한 그로바형 加熱爐이다. 溫度는 最高1500°C까지 올릴수 있고 溫度制御도 할수있게되어 있다.

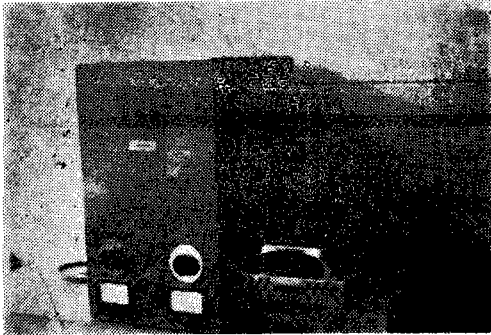


그림 3. Si 表面酸化와 擴散에 使用한 그로바형 加熱爐 (Fig 3. Glo bar type furnace used in oxidation and diffusion)

무엇보다도 이 擴散爐에 要求되는 特性은 후래트 존(Flat zone)이다. 이 特性이 滿足되지 못하면 固相擴散을 해서 再現性있는 트랜지스터를 만들수가 없다. 그런 고로 이 爐의 特性부터 測定하였다. 그 結果 爐는 그림 4와 같이 F.Z.가 2 1/2"있음을 알았다. 擴散管으로 直徑 1", 1 1/2"되는 水晶管을 使用 했는데 1"짜리는 酸化用이고 1 1/2"짜리는 擴散用이다. 이 爐로 表面酸化시키는 樣相을 그림 4에 나타내었다. 이때 試料는 반드시 F.Z.內에 두어야 한다.

Si 試料 表面을 酸化시키면 다음의 두가지 利點이 있다.

- (1) Si 表面을 酸化시켜 SiO<sub>2</sub>를 만들어 주면 不純物의 擴散을 차단해서 選擇擴散을 可能케 한다.
- (2) Si 表面이 原子構造의인 見地에서 靑결하면 靑스 트 세헤이스 스테이즈(fast surface states)와 스토우 세헤이스 스테이즈(slow surface states)가 形成되어서 "트

랜지스터를 만들었을때 나쁜 特性을 나타낸다. 이런 表面現象을 감소 시킨다.

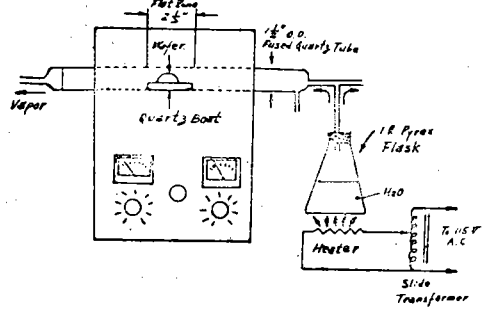


그림 4. Si 酸化過程圖 (Fig 4. Silicon oxidation process diagram)

그림 4에서 爐의 溫度는 1200°C를 維持한다. 오른쪽에 있는 flask에 蒸溜水를 넣고 90°C로 끓여서 이때 나오는 水蒸氣를 試料가 들어 있는 水晶管에 보낸다. 水蒸氣는 過熱되어 Si 試料를 通過하는데 이때 Si에 酸化層(SiO<sub>2</sub>層)이 成長한다. 水蒸氣의 流速은 슬라이드 트랜스호머로 調整하였다.

그림 5는 酸化時間에 對한 成長된 SiO<sub>2</sub>層의 두께를 測定하여 얻은 커브이다. 이 酸化膜은 肉眼으로 反射시켜 보면 빛의 干涉作用으로 Si 表面에 色彩를 띤다. 이 色彩는 酸化時間과 더불어 變化하는데 10분짜리는 라이트 그린(light green), 15분은 예로우 그린(yellowish green) 20분한것은 바이올렛(violet), 25분은 다크 바이올렛(dark violet), 30분以上은 부랙(black)이다.

이 커브는 Flint가 發表한 値와 비슷하다.

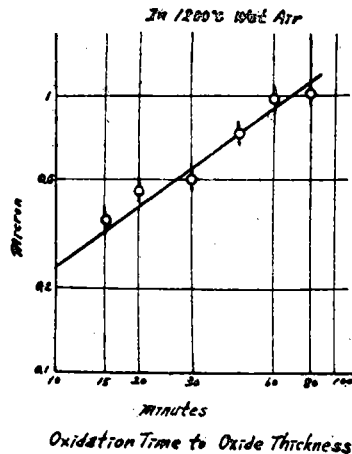


그림 5. 酸化時間에 對한 成長한酸化膜의 두께 (Fig 5. Oxidation time in minutes versus oxide thickness in microns at 1200°C)

이 膜은 우리가 擴散시키려는 不純物에 對해서 어떤

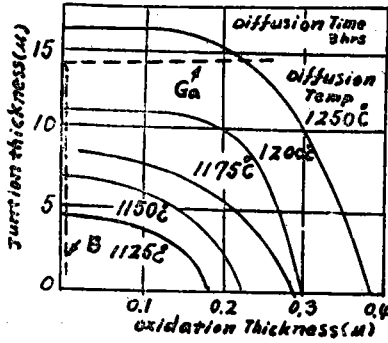


그림 6. P 확산에 대한 SiO<sub>2</sub>의 影響  
(Fig 6. SiO<sub>2</sub> thickness influence on phosherous diffusion)

마스킹 효과가 있는지를 알 필요가 있다. 그림 6은 이것을 나타낸다. 이 그림을 보면 Ga는 SiO<sub>2</sub>층에 의하여 하등의 지장을 받지 않고 SiO<sub>2</sub>층을 통해서 확산되고 B는 SiO<sub>2</sub>층이 조금만 성장되어도 마스킹이 되어 버린다. 한편 P는 확산 온도와 시간에 따라 상당한 변화를 보이며

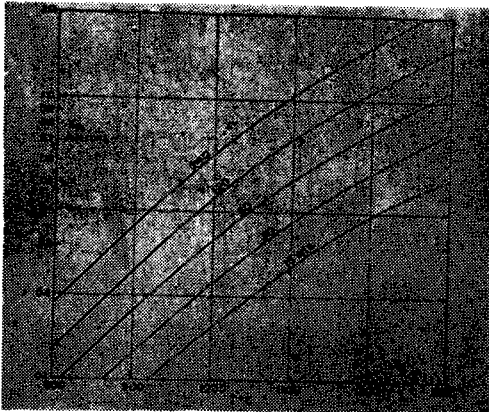


그림 7. P 확산時 SiO<sub>2</sub> mask 層의 온도와 시간에 對한 變化  
(Fig 7. Oxide thickness required to mask against high concentration phosphorus diffusion for various times)

확산된다. 그림 7은 확산 시간을 파라미터로 해서 높은 표면 농도를 가진 P가 온도에 따라 어느 정도의 SiO<sub>2</sub>층이 있어야 하는가를 나타내 보여 준다. 우리는 베이스 확산은 B으로 90분간하고 에미터는 P로써 30분간하므로 B는 큰 문제가 안 생기나 P 확산은 SiO<sub>2</sub>층을 6000Å~7000Å 정도를 만들어 주어야만 한다. 그러므로 베이스 인 도우를 만들기 위해서 산화할 때는 20분간 하고 에미터를 만들 때는 40분간 하였다.

2. 후오트 레지스트 過程

후오트 레지스트 過程에서 筆者들은 Kodak 社에서 판

매하는 K.P.R.(Kodak photo resist)를 사용했는데 이것은 光線波長에 對한 感度特性이 2500Å~4700Å까지 있는 plastic 을 有機溶劑에 녹인것으로 適當하게 露光한 후 포리머라이즈 된 부분을 現像液(Developer)으로 녹여 내면 높은 化學抵抗을 가지는 膜을 얻을수 있다.

1200°C에서 20分間 酸化시킨 試料를 스피너에 올려 놓고 아이드롭퍼로 KPR 를 두방울 떨어 뜨려 表 3의 順序로 實驗을 進行하였다. KPR 코팅하는 스피너와 마스크 어라인먼트 셋트는 여기서 製作해서 使用하였다. 그림 8은 Spinner 이고 그림 9는 마스크 어라인먼트 셋트이다. 스피너는 速度를 1000RPM 에서 8000RPM 까지 調整可能하고 眞空 chambers 가 回轉體中央에 位置하고 있다. 이 機器는 試料를 回轉시켜 遠心力으로 餘分의 KPR 를 날려서 一様한 KPR 두께를 가지도록 만든다.

表 3.

順番	備 考
1)	試料를 1000RPM 程度로 回轉시켜 KPR 의 코팅 두께가 0.5~2μ 되도록 해서 乾燥시킨다.
2)	100°C에서 20分間 프리 베이킹을 한다.
3)	마스크 어라인먼트 셋트위에 올려 놓고 10分間 露光한다.
4)	KPR 現像液으로 2分20秒~3分동안 現像한다.
5)	試料를 現像液中에서 끄내서 垂直으로 세워서 乾燥시킨다.
6)	250°C에서 20分間 포스트베이킹을 한다.
7)	表 2에 있는 Gum etch 1로 5分間 에칭한다.
8)	에칭後 Trichloroethylene 으로 KPR 을 녹여낸다.

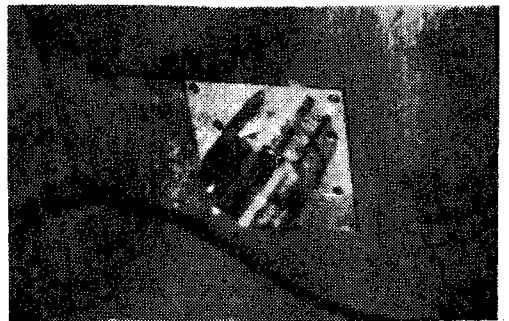
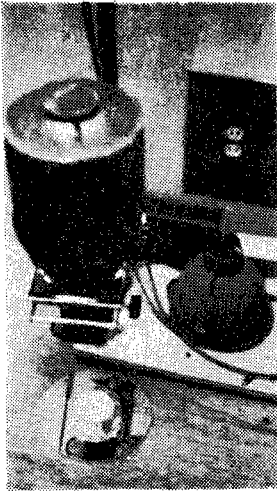


그림 8. 스피너  
(Fig. 8 Spinner)

마스크 어라인먼트 셋트는 마스크 홀더와 웨이퍼 척 그리고 露光裝置로 構成된다. 마스크 홀더와 웨이퍼 척은 眞空 펌프에 連結되어 露光주는동안 마스크와 웨이퍼가 固定되어 있도록 한다. 光線은 KPR 의 感光特性이 紫外線에 좋으므로 水銀燈 40W 를 使用하였다. 그림 9의 (b)를 보면 그 内部構造를 알수 있다. 光源과



(a) (b)  
그림 9. 마스크 어라인먼트 셋  
(Fig. 9 mask alignment set)

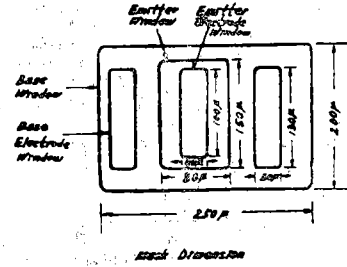
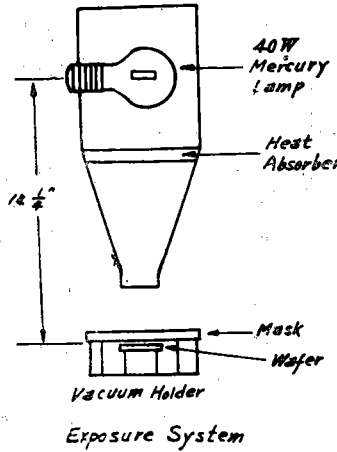
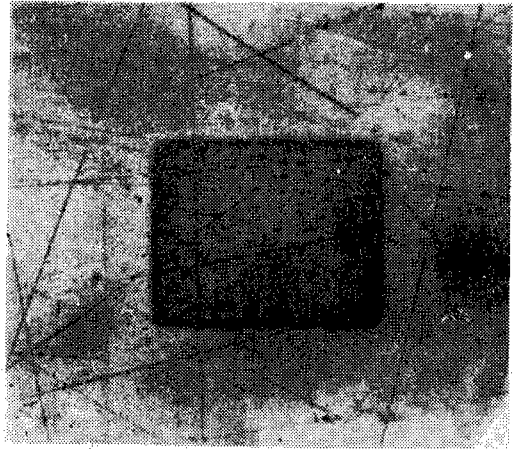


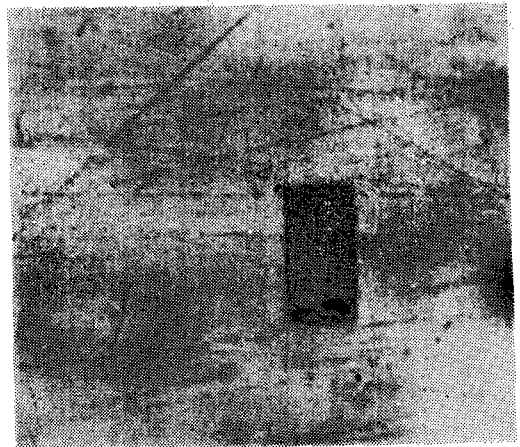
그림 10. 마스크 디멘존  
(Fig. 10 mask dimensions)

試料와의 距離가 14"가 되어서 露光時間이 길었다. 最適露光時間을 찾기 위해서 露光時間을 變化시켜 패턴의 分解度를 調査한 結果 이것은 3分에서 20分까지가 分解度가 좋다는것을 알았다. 그래서 最適露光時間은 10分으로 정했다. 一般적으로 時間이 짧으면 露光部分의 포리메라이즈가 덜 되어서 現像할때 KPR가 떨어져서 패턴이 안 나타나고 너머 길면 패턴의 分解도가 나쁘고 現像때 떨어진 부분이 깨끗이 안떨어지고 남는다. 그러므로 露光과 現像은 패턴의 分解도에 큰影響을 미치고 다음 프로세스하는데 重要한 結果를 가져온다. 여기서는 露光時間 10分에 現像時間 2分30秒~3分이 最適值였다.

그다음 試料를 乾燥시킬때 試料上의 現像液을 되도록 빨리 除去해야 하므로 試料를 垂直으로 들고 1分間 있으면 그液은 全部 蒸發해버린다. 이때 조심할것은 먼지이다. 空氣中에 떠 있는 먼지는 크기가 1μ이하의 것들이므로 乾燥시킬때 試料에 붙지 않도록 해야한다. 만약 먼지가 묻으면 SiO<sub>2</sub> 에칭시킬때 이 먼지를 통해서 에찬트가 스며들어 SiO<sub>2</sub>層을 에칭하고 後述하려는 파이프가 생긴다. 에칭은 뒷면이 에칭 안되도록 하기위해서 고무에찬트를 使用하였다. 이 KPR 過程에 使用하는 마스크는 프래너 트랜지스터의 경우 베이스마스크, 에미터마스크, 전극마스크 등이 있는데 여기서 使用한 마스크의 디멘존은 그림 10에 주었다. 그림 11는 이것들을 各各 100倍로 擴大한 것이다.



(a) 베이스 윈도우

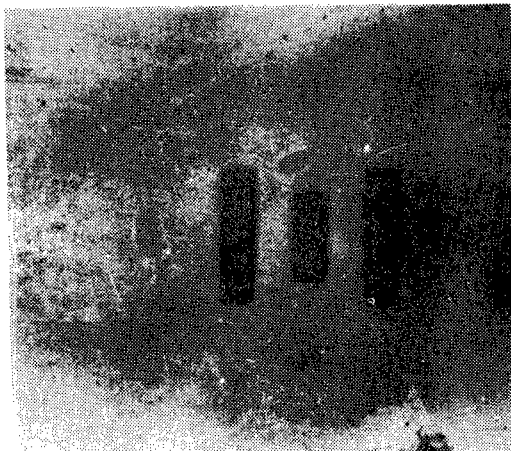


(b) 에미터 윈도우

3. 選擇 擴散

接合面을 만들어 주기 위해서 不純物을 高溫에서 固相擴散시키는데 npn 트랜지스터를 만들기 위해서 p型 不純物로 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(Boron trioxide) 純度는 99.99% 짜리 se-

miconductor grade(S.G.)를 使用했고 n型 不純物로는 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(Phosphorus pentoxide) 純度 99.99% S.G.를 使用하였다.



(c) 전극 윈도우

그림 11. 마스크 윈도우(x100)

(Fig. 11 mask windows(x100))

(a) base window (b) emitter window

(c) electrode window

이런 酸化물을 쓴 理由는 原素 B, 原素 P를 使用하  
면 表面을 부식시키고 Si 表面濃도가 지나치게 높기 때문  
이다. 이들 藥品을 取扱하는데 注意할것은 濕氣였다.  
특히 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 除濕劑로 使用하는 만큼 空氣中에서 保管  
이 困難하였다. 이런 不純物에 濕氣가 차면 擴散時 그  
蒸氣壓을 變化시켜 所期의 目的을 達成치 못하게 한다.  
여기서는 이것을 避하기 위해서 1200°C에서 신타링을  
해서 使用하였다.

여기서 擇한 擴散方式은 박스 메소드이다. 그림 12에  
박스의 構造를 주었다. 直徑이 1"되는 실리카관을 加工  
해서 한쪽을 막아 버리고 휴즈드 퀘츠로 스톱퍼를 만들  
어 밀폐할수 있게 하였다. Si 試料는 水晶 보트위에 세  
워 놓고 白金 트레이를 만들어 不純物을 담게 하였다.

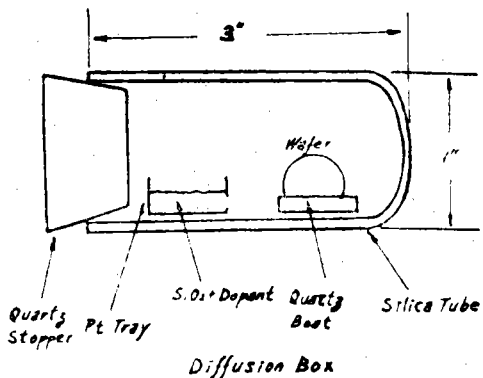


그림 12. 擴散용박스

(Fig. 12 Diffusion box)

이 白金 트레이를 使用하는것은 B나 P가 박스를 構成

하고 있는 SiO<sub>2</sub>와 作用해서 보로실리케이트 유리나 호  
스페실리케이트 유리가 생기게 되어 박스에 汚染이 되기  
때문이다. R.S.Yatsko와 J.S.Kesperis는 密閉한 不純  
物의 蒸氣壓을 調整코져 50% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-50% SiO<sub>2</sub> 혹은 80  
% B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-20% SiO<sub>2</sub>, 0.2% B 등으로 한례가 있으나 여  
기서는 試料表面濃도를 너무 높지 않도록 하려고 10%  
B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-90% SiO<sub>2</sub>의 比率를 擇하였다. 이것을 白金 트레  
이에 넣고 1200°C에서 신타링해서 보로실리케이트유리  
를 만들어 두고 p형으로 擴散시킬때 마다 反復해서 使  
用하였다.

또한 n型 物質도 마찬가지로 10% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-90% SiO<sub>2</sub>의  
比率를 擇했다.

그림 13은 擴散時間에 對한 擴散두께를 나타낸다. 여  
기에 使用한 試料는 1Ω-cm n型 Si과 5Ω-cm p型 Si  
이다 먼저 Boron만 說明하면 한개의 Si 試料를 6等分해  
서 表 4와 같이 各各 擴散시켰다. 擴散層의 두께測定은

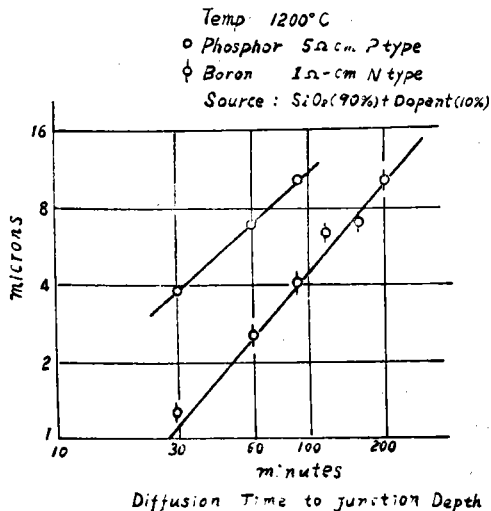


그림 13. B와 P의 擴散時間對 擴散層의 두께測定值  
(Fig. 13 Diffusion thickness in microns versus  
diffusion time in minutes)

表 4.

擴散時間	測定두께
30min	
60 "	2.5μ
90 "	4μ
120 "	6μ
150 "	7μ
200 "	10μ

擴散된 面을 垂直으로 잘라서 FD가 開發한 HF 스테인  
을 시켜서 1000倍로 擴大해서 한것이다. 두께測定코져  
角度研磨도 해왔으나 適當한 Jig가 없어서 失敗하고 유

리칼로 弱하게 스크라이빙해서 이것을 꺾어서 했더니 充分히 두께를 測定할수 있었다. 이 測定値에 對한 誤差가 있는가 보기 위해서 HF 스테인外에 銅스테인, 銀스테인해서 큰 誤差가 없음을 確認하였다. 이 方法은 많은 熟練이 必要하다. 이렇게 하여 얻은 測定 data가 바로 그림 13이므로 이것을 應用하여 우리가 願하는 擴散層을 얻으려면 몇時間 擴散시키면 되는지를 곧 알수가 있다. 그림 14와 15는 各各 배이스와 에미터의 擴散過程이다. 이 두 그림을 比較해 보면 배이스 윈도우를 뚫을 때와 에미터 윈도우를 뚫을 때 마스크가 다른뿐이고 나머지 過程은 同一하다.

베이스擴散과 에미터擴散은 表 5를 따라 進行하였다. 結果의으로 보론은 90分間 擴散시키고 磷은 30分間 擴散시킨 것이다.

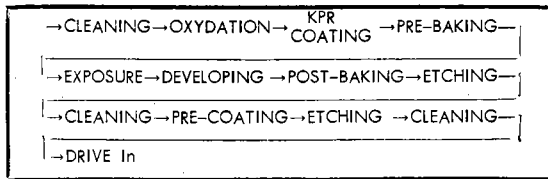


그림 14. 베이스擴散過程  
(Fig. 14 base diffusion process)

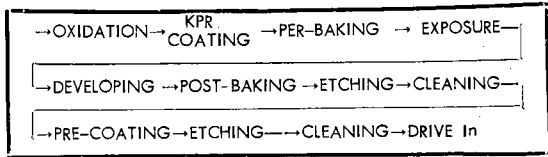


그림 15. 에미터擴散過程  
(Fig. 15 emitter diffusion process)

表 5.

順序	備	考
1)	KPR가 끝나면 에칭과 크리닝을 해서 試料와 10% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -90% SiO <sub>2</sub> 를 신타링한것을 Box에 넣고 스톱파로 썰링하고 爐가 1200°C에서 熱平衡이 이루어지면 Box를 넣는다.	
2)	1200°C에서 20分間 擴散시키고 溫度 30°C/min의 速度로 800°C까지 내리고 그다음은 常溫까지 空氣 퀘칭을 한다.	
3)	試料表面에 생긴 보로실리케이트 유리層을 15秒間 SiO <sub>2</sub> 層을 에칭해서 上述한 方法으로 크리닝을 한다.	
4)	다시 1200°C에서 試料를 40分間 水蒸氣로 酸化시킨다.	
5)	上述한 KPR 過程을 거쳐 에미터 윈도우를 뚫는다.	
6)	에미터 윈도우는 SiO <sub>2</sub> 에찬드로 에칭해서 만든다.	
7)	10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -90% SiO <sub>2</sub> 로 만든 ㅍ스와 試料를 박스에 넣고 1200°C에서 15分間 擴散시킨다.	
8)	30°C/min의 速度로 800°C까지 내리고 常溫까지	

- 9) 空氣 퀘칭을 한다.
- 10) 試料表面에 호스필리케이트 유리層을 20秒間에 칭한다.
- 10) 水蒸氣分圍氣 1200°C에서 15分間 酸化시킨다.

그림 16은 擴散過程을 마친 試料斷面을 잘라서 HF 스테인해서 1000倍로 擴大한 것이다. 정크손은 擴散層이 確實하게 區別되어 있으므로 쉽게 알수 있다. 擴散을 하는데 크게 問題되는것은 처음 酸化를 할때 試料表面에 먼지나 기타 汚物이 묻거나 크리닝해도 떨어지지 않고 그대로 남아 있을때가 있는데 이것은 酸化시킬때 아머 호우스한 SiO<sub>2</sub>層이 一樣하게 成長하지 않고 마이크로 크리스탈이 생겨서 不連續인 SiO<sub>2</sub>層이 만들어진다. 이것은 보론이나 磷을 擴散할때 파이프가 생기는 原因이 되고 特性을 惡化시킨다.



그림 16. B와 P를 擴散한後 斷面을 HF Stain 한 것(x1000)  
(Fig. 16 Diffusion depths of Band P with HF stain(x1000倍))

이 파이프現象은 擴散 두께를 測定할때 몇번 發見하였다. 그後에 表面處理와 먼지에 對한 세심한 注意를 해서 이 파이프를 除去할수가 있었다.

또하나 문제거리는 空氣中에 떠 있는 直徑 1μ 程度의 P 粒子들이다. 이것도 Si 試料表面에 떨어지면 表面濃도가 10<sup>21</sup>imp/cc 나 되어 파이프의 原因이 되므로 試料를 넣는것은 더스트 후리한 웨치 디쉬를 使用하였다. 그리고 表 5에 空氣 퀘칭을 하기前에 試料의 溫度를 30°C/min의 速度로 800°C까지 徐徐히 내리는것은 擴散하기 위해서 高溫에서 熱處理를 하면 캐리어의 라이프 타임(life time)을 減少시키게 되는데 이 마이노티 캐리어의 라이프 타임을 길게 해주기 위해서다. 여기서 이 캐리어의 라이프 타임이 퀘칭과 어떤 相關關係를 가지는지는 實際로 測定하지는 못하였다.

한편 KPR 프로세스를 에미터 마스크를 가지고 어라이닝을 할때도 문제가 생겼다. 即 倍率이 50倍되는 현미경으로 어라이닝을 할때 60W의 電燈을 갖다대고 하므로 KPR가 폴리메라이즈되어 버려 最適現像時間 3分

間 現像해도 完全히 現像이 안되어 失敗했던 경우도 있었다. 또한 KPR 코팅 한면과 마스크를 密着시킬때 試料의 엣지가 크라운이 된다든지 오렌지 필 現象이 생겨서 密着如否를 確認하기 困難한 경우도 있었다.

대개의 경우는 試料表面의 干涉縞를 보고 確認하였다.

### 3. 結 論

Si 試料를 使用하여 플래너 다이오드와 npn 트랜지스터를 試作하였다. 本論文은 여러過程中 表面處理, 酸化

KPR 過程, 베이스, 에미터 擴散過程에 關하여 論하였다. 表面處理는 크리닝을 마친 試料를 CP-4A 로 에칭해서 強한 排水性表面을 만들어서 使用하였다. 酸化는 베이스 윈도우를 낼때는 20分(violet色)間하고 에미터 윈도우를 낼때는 40分(dark violet色)間 酸化시켰다. 한편 베이스 擴散은  $B_2O_3$ (10% WT)  $SiO_2$ (90%)를 混合 1200°C 로 신타링을 해서 90分 擴散시키고 에미터는  $P_2O_5$ (10% WT)  $SiO_2$ 를 使用해서 30分間 擴散시켰다. 베이스의 擴散된 깊이는 6~8 $\mu$ 이었고 에미터는 2~5 $\mu$ 程度였다.