

# 完全結晶 素子の 製造技術

곽 태 균

<大韓半導體 生産技術課長>

## 目 次

- 1. 序 論
- 2. 擴散으로 인한 dislocation의 發生
- 3. Dislocation이 生成되지 않는 高濃度 不純物 擴散
- 4. Dislocation이 없는 半導體 素子
- 5. 結 論

### 1. 序 論

Si의 結晶缺陷, 特히 dislocation 같은 것은 能動素子の 電氣의 特性에 큰 影響을 끼친다. 其中에서도 高溫의 半導體 製造過程에서 結晶缺陷이 發生하기 쉽다. 特히 에미터 擴散時 高濃度 不純物 또는 擴散過程에서 종종 나타나는 dislocation 같은 結晶缺陷이 가장 問題이다.

Si보다 原子半徑이 작은 P(인), B(붕소)같은 不純物을 擴散시킬 때 原子半徑의 差異에 依하여 擴散層에 나타나는 strain은 擴散으로 인한 dislocation에 의해 完된다. 여기서 첫째, 擴散으로 起因된 dislocation의 發生을 살펴 보고 둘째, dislocation이 없는 高濃度 擴散에 對한 새로운 mechanism을 알아 보고 마지막으로 電氣의 特性에 對한 擴散으로 生成된 結晶缺陷의 影響을 論해 보기로 한다.

### 2. 擴散으로 인한 dislocation의 發生

#### 가. 擴散方法 및 基板의 特性

擴散으로 인한 dislocation 發生의 臨界 不純物 濃度는 不純物 source에 따라 크게 다르다. 즉 POCl<sub>3</sub>나 BN은 PSG(phospho-silicate glass)나 BSG(boro-silicate glass)의 不純物 濃度, 1/10에서 dislocation을 일으킨다. POCl<sub>3</sub>나 BN을 不純物 source로 사용할 때 P나 B의 表面濃度는 固體溶解度 限界보다 적게 조절할 수 없다. 그리고 不純物 濃도가 溶解度限界를 超過하면 Si 結晶格子내에 precipitation(沈澱)이 쉽게 단

들어 지며 枕전 주위에 密集된 stress는 dislocation 發生의 原因이 된다.

擴散으로 인한 dislocation에 對한 基板의 單結晶 成長時 生成된 dislocation의 影響을 볼 때 B 擴散過程에서의 既生成된 dislocation의 움직임은 P 擴散過程에서와는 아주 다르다. 즉, N型 Si에서 電子密度 증가는 dislocation의 移動을 쉽게 하지만 P型에서 hole 密度 증가는 既生成된 dislocation의 移動에 거의 影響을 미치지 않는다<sup>1)</sup>. dislocation이 自體 移動에 依하여 계속 生成되어 나갈 수 있다고 假定하면<sup>2)</sup> 結晶 成長時 生成된 dislocation이나 擴散에 依해 生成된 dislocation에 依해 dislocation이 계속 증식된다고 說明할 수 있다. 以上에서 볼 때 P는 擴散으로 인한 dislocation을 쉽게 일으키지만 B는 그렇지 못하다. 다만 B擴散의 境遇 既生成된 dislocation과 擴散으로 인한 dislocation사이의 關係는 明確히 說明하기가 어렵다.

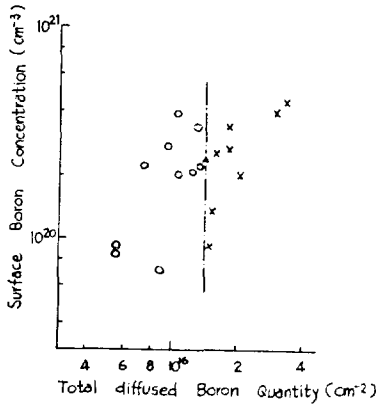
#### 나. 擴散으로 인한 dislocation의 發生의 臨界 不純物 濃度

BCG로 1100°C, 2시간 B를 擴散할 境遇 dislocation이 있는 基板이나 또는 없는 基板에서도 各같이 臨界 表面濃度는  $C_s^B = 2.3 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 이다. 그리고 擴散으로 生成되는 dislocation은  $2.3 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  以上の 濃度에서 일어난다. 不純物을 오랜 時間 擴散을 하면  $C_s^B$ 가 낮아짐에도 不拘하고 dislocation을 일으키는 擴散된 B의 臨界 總量  $Q_B$ 는 Fig. 1에서와 같이  $1.6 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 의 一定한 값을 가진다. 한편  $Q_B$ 는 hole 移動도와 sheet 抵抗으로부터 計算된 값은  $1.4 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 이다.

Prussin의 모델<sup>3)</sup>에 依하면 stress는 단지 表面 不純物 濃도에 比例한다고 한다. Stress가 最大 降服 stress보다 많을 때 dislocation이 나타난다. 그러므로 prussin의 모델로는 實驗 結果를 明確히 定性的으로 說明할 수 없다. Queisser-Shockley의 모델<sup>4)</sup>에 依하면 擴散된 boron의 總量  $Q_B$ 는 dislocation이 發生하는지 與否를 決定하는데 重要하다. 이것은 定性的으로 實驗

**Table 1.** Critical concentration of generation of diffusion induced dislocation in boron diffusion.

Diffusion time	$2\sqrt{Dt}$	$\eta_0$	Critical surface concentration $C_s$	Total diffused B quantity $Q$
30min	0.494 $\mu$	1.19 $\mu$	$1.93 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$	$1.08 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$
65	0.728	1.67	1.41	1.16
120	0.989	2.28	1.08	1.20
960	2.798	5.88	0.42	1.33



**Fig. 1.** Critical boron concentration for generation of diffusion induced dislocation in boron diffusion. ○ not generated, × generated

結果와 一致한다. 그러나 Queisser-Shockley 모델에 의한  $Q_B$ 의 理論値는  $3 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ 으로 實驗値의 1/5이다. Czaja<sup>5)</sup>는 Prussin의 stress 分布를 利用하여 Q-S의 方法과 類似한 方法으로 不純物濃度의 臨界 表面濃度  $C_s$ 에 關한 公式를 誘導하였다.

$$C_s = \frac{b \ln(2\eta_0/r_0)(1-\sin^2\alpha)}{8\sqrt{\pi}\beta\cos\alpha\cos\nu(1+\nu)\{1-\exp(-\eta_0^2/4Dt)\}2\sqrt{Dt}} \quad (1)$$

여기서  $b$ 는 Burger의 벡터값,  $r_0$ 는 dislocation의 核半徑,  $\beta$ 는 格子 收縮係數,  $D$ 는 不純物 擴散係數,  $t$ 는 不純物 擴散 時間,  $\nu$ 는 基板 表面과 <111> 線型 缺陷面의 사이角, 그리고  $\alpha$ 는 <110> 線型 缺陷 方向과 線形 缺陷面中 가장 기울기가 깊은 면의 사이角이다. 다음式으로부터 擴散時 生成되는 dislocation이 도달하는 거리  $\eta_0$ 를 求할 수 있다.

$$\text{erf}(\eta_0/2\sqrt{Dt}) = 2\sqrt{Dt}/\pi a^2 \quad (2)$$

여기서  $2a$ 는 基板 두께를 나타낸다. Czaja모델은 擴散 條件에 따라 臨界 表面濃度가 變한다고 提示하고 있다. 總 擴散 不純物 臨界量  $Q$ 는 式 (1)로부터 다음과 같이 求해질 수 있다.

$$Q = \frac{b \ln(2\eta_0/r_0)(1-\sin^2\alpha)}{8\pi\beta\cos\alpha\cos\nu(1+\nu)\{1-\exp(-\eta_0^2/4Dt)\}} \quad (3)$$

$Q$ 값도 또한 擴散 條件에 따라 變한다.

Table 1은 200 $\mu$  두께의 <111> 基板을 0.5~16時間, 1100°C에서 B를 擴散한 境遇에 對하여  $C_s^B$ ,  $Q_B$ ,  $\eta_0$ 의 計算値를 나타내고 있다. 여기서  $D_B=3.4 \times 10^{-13} \text{cm}^2/\text{sec}$ ,  $b=3.8^\circ$ ,  $r_0=1.9^\circ$ ,  $\alpha=-30^\circ$ ,  $\nu=70.6^\circ$ ,  $\beta_B=5.2 \times 10^{-24} \text{cm}^3$ ,  $\nu=0.262$ 는 計算에 使用된 값들이다. 擴散 時間이 30分에서 16時間까지 증가함에 따라  $C_s^B$ 는  $1.94 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 에서  $0.42 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 으로 減少하고  $Q_B$ 는 實驗値  $Q_B=1.4 \sim 1.6 \text{cm}^{-2}$ 과 一致하며 거의 一定한 값( $1.08 \sim 1.33 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ )을 維持한다. 200 $\mu$  두께의 dislocation이 없는 (111) 基板으로 1100°C에서 PSG로 4時間 P를 擴散한 境遇, 臨界 表面濃度  $C_s^P=5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 과 不純物 總量  $Q_P=6.6 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 이 얻어진다. 이 實驗 結果値는 式 (1), (2)와 (3)에  $D_P=9.5 \times 10^{-13} \text{cm}^2 \text{sec}^{-1}$ 과  $\beta_P=1.0 \times 10^{-24} \text{cm}^3$ 을 代入한 理論値  $C_s^P=5.5 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 과  $Q_P=7.1 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$ 과 거의 같다.

### 3. Dislocation이 生成되지 않는 高濃度 不純物 擴散

#### 가. Dislocation이 없는 擴散의 條件

strain을 補償하는 作用<sup>6,7)</sup>에 基礎를 둔 dislocation이 없는 高濃度 역센터 擴散은 B와 Ga(갈륨)의 同時 擴散에 依리 可能하다. 갈륨은 실리콘보다 原子 半徑이 더 크기 때문이다. 擴散 source로 보론이 증착된 실리콘 덩어리와 金屬 갈륨을 使用하여 閉鎖된 擴散爐에서 1260°C로 擴散하면 strain補償에 對한 理論的인 條件은 表面에서  $C_s^B\beta_B/C_s^{Ga}\beta_{Ga}=1$ 이고 全體 擴散層에서는  $Q_B\beta_B/Q_{Ga}\beta_{Ga}=1$ 이다. 그러나 實驗의 結果는  $C_s^B\beta_B/C_s^{Ga}\beta_{Ga}=2.2 \sim 2.9$ 와  $Q_B\beta_B/Q_{Ga}\beta_{Ga}=1.9 \sim 2.4$ 일 때 擴散으로 因한 dislocation이 일어나지 않거나 아주 적게 일어난다. B-Ga 同時 擴散에 있어서  $C_s^B$ 와  $C_s^{Ga}$  값은 B, Ga 各各 單獨 擴散으로부터 測定한 값이다. 이것은 strain 補償을 위해 必要한 갈륨의 理論的인 量의 約 半만이 dislocation이 없는 擴散을 하기

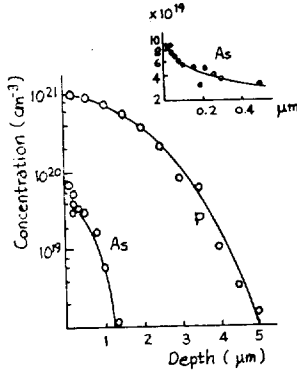


Fig. 2. Distribution of P and as in the case of P-As simultaneous diffusion

에 充分하다는 것을 보여 준다.

또한 dislocation이 없는 高濃度の 도우너 擴散은 P와 As(비소)의 適正 比例 即, P와 적은 量의 As를 가 P-As 二重으로 도우프된 酸化膜으로 同時 擴散함으로써 可能하며 이 酸化膜은 PH<sub>3</sub>, AsH<sub>3</sub>, SiH<sub>4</sub> 및 O<sub>2</sub>의 분위기로 증착된다<sup>9)</sup>. 이와 같은 方法으로 dislocation이 없는 基板 (111)面에  $n_s \times 8.8 = 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 에 까지 擴散하는 境遇에도 dislocation이 나타나지 않는다.

그러나 P의 量이 最適 狀態보다 많거나 또는 P의 單獨 擴散時에는 dislocation이 나타난다. Fig. 2는 P-As 同時 擴散 및 P 單獨 擴散에 對한 strain 補償 및 strain된 狀態의 說明이다. Fig. 3는 最適 狀態에서 擴散된 P와 As를 방사능 分析에 依해 測定한 結果이다.

P와 As의 表面 濃度は 各各  $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 과  $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 이며 이 量은 表面 strain 補償을 위해 必要한 As 濃度の 1/700에 해당한다. 이것으로부터 P-As 混合에 依한 擴散에서 dislocation이 나타나지 않는 것은

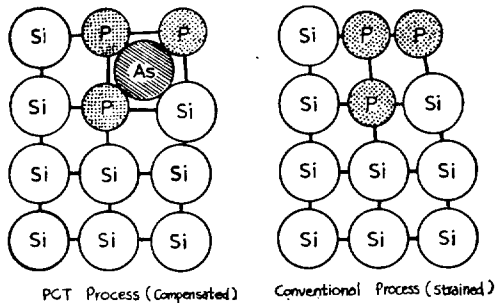


Fig. 3. Compensation mechanism by interstitial atoms

strain 補償에 依한 것은 아니라고 볼 수 있다. 또한 As는 表面으로부터 0.1μ 以內에 pile-up이 나타났으나 P는 表面에서 pile-up이 보이지 않는다. dislocation이 없는 P-As 擴散의 最適 條件은 擴散狀態에 따라 다르다. 예를 들면 1000°C, 4時間 擴散의 境遇에는 PH<sub>3</sub>:AsH<sub>3</sub>=3:1이고 1100°C, 4時間인 境遇에는 PH<sub>3</sub>:AsH<sub>3</sub>=4:1이 最適 條件이 된다.

나. 에미터 푸쉬 效果

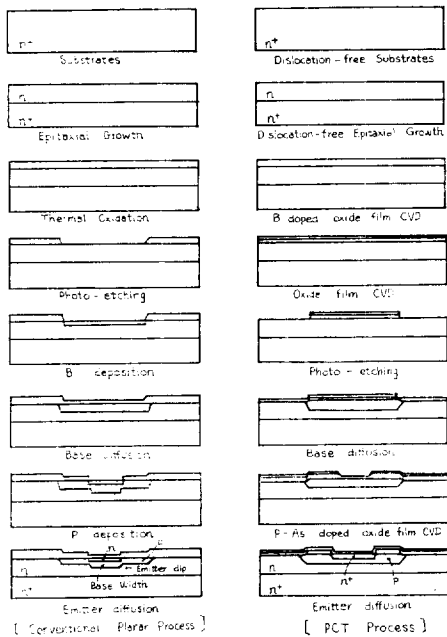
Table 2는 베이스와 에미터를 여러가지 擴散 source로 擴散할 때 일어나는 에미터푸쉬의 結果이다. 베이스의 B가 BSG로부터 擴散될 때보다 BN일 境遇에 에미터 푸쉬는 항상 더 크게 나타난다. 그 理由는 BN으로부터 B가 擴散될 때 生成된 dislocation이 에미터 擴散時 움직이게 되어 過多한 vacancy를 만들어서 에미터 바로 밑의 베이스가 더 擴散되게끔 하기 때문이다. POCl<sub>3</sub>로부터 P가 擴散될 때 最大의 에미터 푸쉬現狀이 觀察되었고 에미터 擴散時 生成된 dislocation은 에미터 푸쉬의 主要原因이다. PSG와 BSG에 依한 에미터 擴散과 베이스 擴散에서 dislocation이 없을지라도 에미터 푸쉬가 나타나고 반면에 P-As 同時 擴散에 依해 行해진 에미터 擴散에서는 나타나지 않는다는 事實은 興味있는 이야기이다. P 擴散인 境遇에 結晶 格子內의 平衡 vacancy 濃度は 電子(P) 濃도에 따라 증가한다<sup>9)</sup>. 그러므로 基板 表面에서 vacancy濃度は 最大가 된다. 基板 內部에는 電子 濃도가 낮기 때문에 vacancy 濃도도 낮게 되어 表面으로부터 基板 內部까지는 vacancy 濃도의 기울기가 있게 된다. 그래서 vacancy가 內部로 擴散된다고 假定하면 vacancy 濃도는 에미터 바로 아래의 베이스 領域에서 遇多하게 될 것이며 이에 따라 베이스 不純物 즉 보론의 擴散係數가 증가하여 이와 같은 結果로 에미터 푸쉬가 증가한다. 반면에 As擴散 境遇에 vacancy 濃도는 vacancy-arsenic complex의 形成에 依해 에미터 擴散지연 現狀<sup>10)</sup>이 일어난다. P-As 擴散 境遇에는 P擴散으로 因한 遇多한 vacancy가 vacancy-Arsenic complex를 形成할 것이다. 그러므로 이때 生成된 vacancy의 量과 P-As 擴散에서 擴散된 As의 量은 거의 一致한다. 그래서 에미터 푸쉬나 擴散지연 現狀이 없게 된다. 參考로 P-As 擴散에서의 P 擴散 係數는 P 單獨 擴散에서보다 적다.

다. Perfect Crystal Technology(PCT) 工程

Fig. 4는 PCT 工程을 過去の planar technology와 比較하여 說明한 그림이다. 이 工程은 高濃度の 不純물이 도우핑되어 있으면서 dislocation이 없는 基板을 使用해야 하며, 에피 成長도 또한 dislocation이,

**Table 2.** Emitter push effect in NPN transistor.  $W_b$  is base width  $\Delta W_b$  emitter push width.

Emitter		Base		$W_b$	$\Delta W_b$	$\Delta W_b/W_b$
Source	dislocation	Source	dislocation			
POCl <sub>3</sub>	Yes	BN	Yes	0.60 $\mu$	0.30 $\mu$	50%
POCl <sub>3</sub>	Yes	BSG	No	0.80	0.25	31
PSG	No	BN	Yes	0.76	0.20	27
PSG	No	BSG	No	0.35	0.05	14
P-As	No	BN	Yes	0.52	0.06	12
P-As	No	BSG	No	0.31	0.00	0



**Fig. 4.** Comparison between planar and PCT process

없어야 한다. 그리고 그림과 같은 特殊한 工程을 거쳐야 비로서 PCT 工程이 이루어지는 것이다.

高濃度 不純物の 單結晶을 成長시킬 때 실리콘보다 큰 原子와 작은 原子를 適切히 配合해서 不純物로 投入시킨다. 그리고 에피층 單結晶의 格子常數를 基板의 格子常數와 一致하도록 하여 소위 結晶格子의 어긋남으로 因하여 發生되는 dislocation이 없도록 하여야 한다. 이때 특히 에피 反應爐의 混度 變化를 잘 조절하여 열충격을 최소화할 줄여야 할 것이다.

에피 工程이 끝난 다음에는 CVD로 보론이 도우핑된 산화막을 입히고 그 위에 역시 CVD로 도우핑 안된

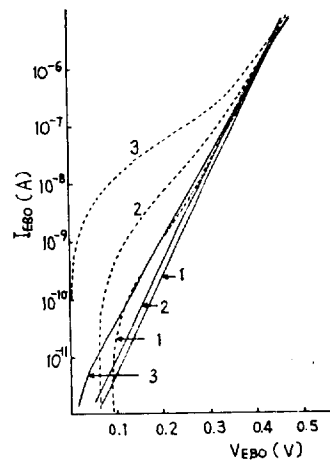
산화막을 입힌다. 다음에는 photo-etching에 의해 베이스 領域을 除外한 나머지 部分의 산화막을 全部 제거한다. 이어서 베이스 擴散을 한 다음, 에미터 領域을 photo-etching으로 산화막을 除去한다. P-As 同時에 도우핑된 산화막을 CVD에 의해 基板表面 全體에 입힌 후 에미터 擴散을 하게 되면 PCT의 npn 트랜지스터가 完成된다.

#### 4. Dislocation이 없는 素子

PCT에 의해 製造된 素子로부터 結晶 缺陷과 電氣的인 特性과의 關係를 알아보기로 한다.

##### 가. 다이오드의 順方向 및 逆方向 特性

게이트로 조절되는 E-B 接合을 가진 트랜지스터가 Table 3에서와 같이 여러가지의 擴散 source를 使用함으로써 만들어 진다. 表面 가까이 있는 depletion 층은 E-B 接合에 게이트 電極의 電壓을 變化시킴으로써



**Fig. 5.** Forward current and voltage characteristics of emitter-base junction  
—  $V_c=0$ , .....  $V_c=150V$

Table 3. Condition for diffusion of transistors in Fig. 5~7, and value of  $n$  of forward  $\exp(qV_F/nkT)$

Transistor No.	Emitter		Base		$n$	
	Source	dislocation	Source	dislocation	$V_C=0$	$V_C=150V$
1	P-As	No	BSG	No	1.0	1.25
2	PSG	Yes	BSG	No	1.0	1.8
3	POCl <sub>2</sub>	Yes	BN	Yes	1.2	3.2

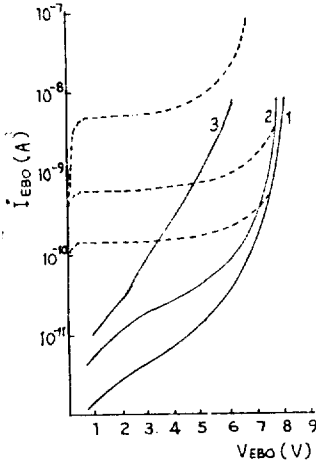


Fig. 6. Reverse current and voltage characteristics of emitter-base junction

—  $V_C=0$ , .....  $V_C=150V$

서 조절된다. Fig. 5,6은 베이스에 대한 게이트 電壓이 각각  $V_C=0$ 와  $150V$ 일 때 E-B 다이오드의 順方向 및 逆方向 特性을 나타낸다. 順方向 電流  $I_F$ 는  $I_F = I_s \exp(qV_F/nkT)$ 로 表示되고 이때  $V_F$ 는 順方向 電壓이다.  $V_C=0$ 인 境遇에  $n$ 은 Fig. 5에서와 같이 거의 一定하며 No. 1 TR은 PCT에 의해 만들어진 TR이며, No. 2는 베이스 擴散時 dislocation이 없는 경우이고  $n$ 은 Table 3에서 보면 1이다. 그리고 generation-recombination(G-R) 電流 성분은  $V_C=0$ 일 때 順方向 電流에 나타나지 않는다. 반면에 일반적인 製造方法에 의한 No. 3 TR은  $n=1.2$ 이며 G-R 電流가 포함되어 있다.  $V_C=150V$ 에서 depletion층이 베이스 表面에까지 퍼져 나간다고 생각할 수 있다.  $V_{EBO} \cong 0.2V$ 에서 No. 1 TR은  $n=1.25$ , No. 2 TR은  $n=1.8$ 이다. 위, 두개 素子에서  $n$ 값의 증가는 G-R 成分 電流의 증가의 原因으로 表面 가까이 있는 depletion 領域의 G-R 中心이 G-R 電流 증가를 일으키게 한다. 그러나 No. 1 TR은 結晶 缺陷이 적은 PCT 方法으로 製造되었기 때문에 No. 2 TR보다는 적은 G-R 電流를 나타

내고 있으며 No. 3 TR은 일반적인 TR과 마찬가지로이다. 다만  $n$ 값이 3.2인 이유는 現 研究段階에서는 밝혀지지 않고 있다. 이와 비슷한 結果가 Fig. 6에서와 같이 TR들의 逆方向 特性에서도 나타나고 있다.

나. 트랜지스터의 雜音

(가)에서 언급한 TR의 雜音指數는  $V_{CE}=3V$ ,  $I_C=1mA$ ,  $R_f=10k\Omega$  狀態下에서 Quan-Tech 雜音指數 分析器에 의해 測定된 結果가 Fig. 7에 表示되어 있다. 베이스와 에미터 擴散에 의해 많은 疇전과 dislocation이 生成된 No. 3 TR과 比較하면 비교적 적은 dislocation이 있는 No. 2 TR이 10Hz에서 低周波 雜音指數가 25dB만큼 감소되었다.

PCT로 만들어진 No. 1 TR은 No. 2 TR보다 低周波 雜音指數가 5dB 적다.

No. 3 TR에서는  $1/f$ 의 雜音 成分이  $V_C=0$ 에서  $10^3$ Hz까지 測定할 수 있었으나 No. 2 TR의 境遇에는  $10^3$ Hz까지 可能했다.

앞에서 論術했 듯이 結晶 缺陷의 감소에 따라 에미터-베이스간의 G-R 電流가 감소되었고 또한 이것에 의해 雜音指數 감소에 크게 기여한다고 이야기할 수 있다. 溫度에 따라 변화하는 電流利得과 같은 電氣의 特性은 dislocation같은 結晶 缺陷을 감소시킴으로써 크게 改善된다. 또한 에미터 汚수가 없다는 事實에 의해 베이스 幅을 정밀하게 조절할 수 있어 超高周波 素子를 現實의으로 가능하게 한데 크게 기여한다고 볼 수 있다.

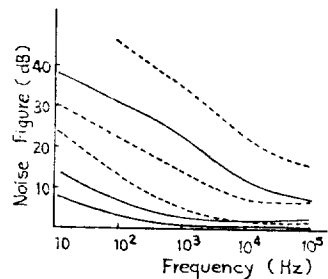


Fig. 7. Low frequency noise characteristics of transistor

—  $V_C=0$ , .....  $V_C=150V$

5. 結 論

dislocation이 없는基板에서보다 dislocation이 있는基板에서 P擴散工程에 의해 dislocation이 쉽게 일어난다. 그러나 B擴散境遇에는結晶成長時生成된 dislocation이擴散으로 인한 dislocation發生에 대한 B의臨界濃도에 영향을 미치지 않는다. P擴散時에는 既生成된 dislocation이 쉽게 움직이고 증가할 수 있으나 B擴散에서는 상당히 어렵다. BSG로부터 B擴散時에擴散으로 인한 dislocation發生에對한 기준은表面濃도에 의해 좌우되는 것이 아니라擴散된 보론의總量에 의해決定되는데 그量은  $1.4 \sim 1.6 \times 10^{16} \text{cm}^{-2}$  이다 Czaja 모델에基礎를 둔 방정식으로부터 얻은擴散된 보론의總量은擴散條件에 거의 무관하며實驗値와 定量的으로一致한다. 이 방정식으로부터計算된臨界値는 PSG로부터 P를擴散할境遇에의實驗値結果와 일치한다. 억셉터擴散에서 B와 Ga의同時擴散은 strain補償에基礎를 두고 있고擴散으로 인한 dislocation이 없는高濃度 도우너擴散은 P와 As를同時에擴散시킴으로써成就할 수 있다. dislocation이 없는擴散은 strain補償mechanism에基礎를 둔 것이 아니라 새로운mechanism에 그基礎를 두고 있다.

그것은 첫째, 표면가까이서 pile-up되는 As는表面에서 dislocation發生을防止하며 둘째,擴散층에서 vacancy의 부족은 dislocation loop의形成을中止시키는 데 있다. 에미터 푸쉬는 에미터擴散뿐 아니라 베이스擴散에서發生한 dislocation으로부터 나타난結果이다. 에미터와 베이스가 어떤 dislocation의發

生이 없이擴散되더라도 P에依한 에미터擴散은 에미터 푸쉬現狀을 일으키나 P-As에依한 에미터擴散은 이러한現狀을 일으키지 않는다.

dislocation 같은結晶缺陷이 없는半導體素子は 여러가지의電氣의特性을改善시킨다. 即 베이스-에미터間的 G-R電流가 줄게 되고 따라서低周波에서 트랜지스터의雜音指數는 크게 줄게 된다. 그 외에도電流利得같은特性도向上된다.

參 考 文 獻

- 1) J. R. Petel: "Semiconductor Silicon" p632 edited by R.R. Haberecht and E.L. Kern, 1969, Electrochem. Soc. N.Y.
- 2) H. Alexander and P. Hassen: Solid State Physics 22(1968) 27.
- 3) S. Prussin: J. Appl. Physics, 32(961) 1876.
- 4) H.J. Queisser: J. Appl. Phys. 32(1961) 1776.
- 5) W. Czaja: J. Appl. Phys. 37(1966) 3441.
- 6) T.H. Yeh and M.L. Joshi: J. Electrochem. Soc. 116(1969) 73.
- 7) K. Yaki, N. Miyamoto and J. Nishizawa: Japan J. Appl. Phys. 9(1970) 246.
- 8) M. Watanabe, T. Yonezawa, M. Nakamura, T. Kato and M. Akatsuka: Inst. Electron, Common, Engrs. Japan SSD-70-13(1970)
- 9) R.K. Jain and R.J. van Obserstraeten: IEEE Trans. Electron Devices, ED-21(1974) 155.
- 10) R.B. Fair: J. Appl. Phys. 44(1973) 283.

<p.34의 계속>

秀한石炭利用의複合시스템을研究하고 있다. 石炭의液化에는大量的의水素가 발생하게 된다. 가스는 상당한高溫狀態에서 만들어진다. 高溫가스가 있으면發電터어빈을 돌리거나電磁流體(MHD)發電을 할 수 있다. 이들을最適의條件으로組合한다면石炭으로부터最大의에너지를 얻을 수 있는 셈이되는 것으로서 현재 이에 관한研究가 한창이다. 이중美國에서考察된시스템을紹介하면 다음과 같다.

켄시스템社의 COG精油所方式은 가스化的 BIGAS法과 SRC(溶劑精製炭)製造法을組合한 것인데 그림 4에 보인바와 같이 먼저 BIGAS法에서 발생한水素

의 일부를 SRC에서의水素添加, 輕質化에 사용하고 SRC에서 발생한 가스를 BIGAS法에 되돌리고 있다. 이것으로 1日當 5萬6,000톤의石炭으로부터 10萬바렐의合成石油과 1,000萬立方미터의合成天然가스를 만들 수 있는大型工場을 1980年代中半에建設할計劃이다.

또 하나는石炭의液化와 SRC製造法, MHD發電을組合시켜서合成石油, 合成天然가스, SRC와 함께電力까지도 만들어내자는 GOP工場으로서 그概要는 그림 5에 보인바와 같으며 현재 그經濟性을檢討中에 있다고 한다. <10月號에 계속>