

選擇的 에피택시를 위한 에피택설층 및 폴리실리콘의 成長과 에칭

(Growth and Etching of Epitaxial Layer and Polysilicon for the Selective Epitaxy)

趙 庚 翼*, 金 昌 洙**, 鄭 鎬 宣**, 宋 成 海***

(Kyoung Ik Cho, Chang Soo Kim, Ho Sun Chung and Sung Hae Song)

要 約

시스템 壓力이 1.0 氣壓[大氣壓 工程]일 경우와 0.1 氣壓[減壓 工程]일 경우에 대해, SiH_2Cl_2 를 사용했을 때의 에피택설층 및 폴리실리콘의 成長 現象과 HCl을 사용했을 때의 이것들의 에칭 現象을 조사하였다. 實驗的으로 구한 成長 速度 및 에칭 速度에 대한 式들로부터 SiH_2Cl_2 와 HCl을 混合하여 사용할 경우에 대한 選擇的 에피택시가 可能한 工程 條件이 豫測되었다. 그 結果, 選擇的 에피택설 成長 領域이 減壓 工程에서는 實驗 範圍內에서 존재하였지만 大氣壓 工程에서는 존재하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 大氣壓과 減壓에서의 成長 速度 및 에칭 速度가 差異가 나기 때문에 起因하는 것이다.

Abstract

An investigation has been made on the growth phenomena of epitaxial layer and polysilicon from SiH_2Cl_2 in H_2 and the etch phenomena of them from HCl in H_2 , at the system pressures of 1.0 atm (atmospheric process) and 0.1 atm (reduced pressure process). From the experimental equations for the growth rates and etch rates, the relevant process conditions for the selective epitaxy are predicted for the case of using mixtures of SiH_2Cl_2 and HCl in H_2 . As a result, it is found that selective epitaxial growth region exists in the concentration range investigated for the reduced pressure process but it does not for the atmospheric process. This is due to the differences in the growth rates and etch rates at atmospheric and reduced pressure.

I. 序 論

集의 回路의 製造에서 素子分離(isolation) 工程은 매

우 중요한 工程중의 하나이다. 高集의 실리콘 素子에서, 素子分離方法으로 LOCOS(local oxidation of silicon)가 一般적으로 사용되고 있다. 그러나, 이 방법은 새부리(bird's beak) 형성에 의한 線幅(linewidth)의 변화등 여러 가지 短點을 갖고 있다.¹⁾ 보다 高集의 素子를 實現하기 위해서는 線幅의 변화가 없는 새로운 素子分離方法의 개발이 필요하다. 최근에 이러한 短點이 없고 工程이 간단하면서도 매우 微細한 素子分離를 얻을 수 있는 새로운 方法으로서 選擇的 에피택시(selective epitaxy)에 대한 研究가 활발히 진행되고 있다.^{2,3)}

選擇的 에피택시란, 素子分離 領域이 될 부분을 먼

*正會員, 韓國電子技術研究所

(Korea Institute of Electronics Technology)

**正會員, 慶北大學校 電子工學科

(Dept. of Electronics, Kyungpook National Univ.)

***正會員, 三星半導體通信(株)

(Telecom. Research, SS Semiconductor & Telecom. Co., Ltd.)

接受日字: 1984年 7月 29日

(※ 本 研究는 과학기술처 '83년도 國策 과제 SN 8310으로 이루어졌음.)

저 誘電體 [예 ; SiO₂]로서 형성한 후, 에피택셜층 (epitaxial layer)의 成長 方法을 이용하여 誘電體 [이 것이 選擇의으로 에피택셜층을 成長하는데 마스크 (mask)로 작용한다]가 덮여 있지 않은 부분 [즉, 액티브 (active) 領域이 될 부분]인 실리콘 基板 (substrate) 위에서만 單結晶 실리콘을 成長시키는 것을 말한다.

그러나, 보통의 에피택셜층의 成長 條件에서 選擇的 에피택시를 할 경우, 單結晶 실리콘 基板위에서는 單結晶 실리콘 [즉, 에피택셜층]이 成長되지만, 誘電體 위에서는 多結晶 실리콘의 成長이 이루어진다.

결국, 選擇的 에피택시에서 가장 중요한 것중의 하나는 完全한 選擇的 에피택시를 얻을 수 있는 工程 條件을 찾는 것이며, 지금까지의 보고에 의하면, 完全한 選擇的 에피택시를 얻는 方法으로서 실리콘 소오스 (source) 가스와 함께 적당한 양의 에칭 (etching) 가스 [예 ; HCl]를 混合하여 사용하는 것이 매우 효과적 이라고 알려져 있다.^{1,2)}

한편, Bloem에 의하면,^{1,4)} SiH₄와 HCl이 混合된 가스로부터 에피택셜층의 成長은, SiH₄에 의한 실리콘의 成長과 HCl에 의한 실리콘의 에칭 反應을 相互 獨立인 두 개의 反應으로 취급함으로써 說明될 수 있다고 하였다. 이와 같은 것은 실리콘 소오스 가스와 에칭 가스가 混合된 가스로부터 選擇的 에피택시를 할 경우에도 그대로 적용할 수 있으리라 생각된다. 따라서, 本 論文에서는 실리콘 소오스 가스 [SiH₄Cl₂]만을 사용했을 때의 單結晶 실리콘 [에피택셜층]의 成長 및 多結晶 실리콘 [폴리실리콘 (polysilicon)]의 成長 現象, 그리고 에칭 가스 [HCl]만을 사용했을 때의 單結晶 실리콘의 에칭 및 多結晶 실리콘의 에칭 現象을 고찰함으로써, 獨立의으로 얻어진 이 두 現象의 結果로부터 SiH₄Cl₂와 HCl 가스를 同時에 사용했을 경우에 選擇的 에피택시가 可能한 工程 條件을 豫測하고 자 한다.

II. 實驗 方法

모든 實驗은, 溫度 및 가스의 流量, 그리고 리액터 (reactor) 内の 壓力을 自動的으로 制御할 수 있는, 輻射熱 加熱 (radiant heating) 方式의 圓筒形 (cylindrical) 에피택셜 리액터 [AMC-7800 RPX]에서 행하였다. 그리고, 웨이퍼가 놓이는 서셉터 (susceptor)는 SiC로 塗布된 흑연 (graphite) 서셉터로서, 모든 實驗을 행하기 이전에 1080°C에서 SiH₄Cl₂를 사용하여 서셉터 表面을 실리콘으로 完全히 塗布하여 사용하였다.

사용된 基板 웨이퍼는 結晶配向 (crystal orientation) 이 (110) 方向으로 3~5° 偏向 (off)된 (111) 실리콘

웨이퍼로서 比抵抗 값이 0.008~0.020Ω·cm (Sb-doped) 인 것이다.

本 實驗의 개략적인 順序를 그림 1에 나타내었다.

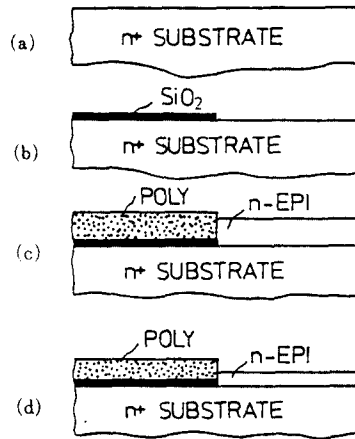


그림 1. 實驗 順序圖

- (a) 基板 웨이퍼
- (b) 酸化 및 酸化膜 에칭
- (c) 실리콘 成長
- (d) 실리콘 에칭

Fig. 1. Block diagram of the experimental sequence.

- (a) Substrate wafer.
- (b) Oxidation and oxide etching.
- (c) Growth of silicon.
- (d) Etch of silicon.

같은 웨이퍼內에서 에피택셜층 및 폴리실리콘의 成長 및 에칭 實驗을 同時에 하기 위하여, 酸化工程 및 寫眞蝕刻 (photolithography) 작업을 통하여 각 웨이퍼의 질반에 1000Å 정도의 酸化膜이 形成되도록 하였다 (그림 1 (b)). 그리고, 에피택셜층 및 폴리실리콘의 成長 및 에칭 實驗은, 리액터內의 全体 壓力이 1.0 氣壓일 경우 [大氣壓 工程]와 0.1 氣壓일 경우 [減壓 工程]로 나누어 행하였다.

에피택셜층 및 폴리실리콘의 成長 實驗은 1080°C에서 행하였으며 [그림 1 (c) 참조], 이 때 運搬 가스 (carrier gas)로는 高純度の H₂ [$<1 \text{ ppm O}_2$]를, 그리고 실리콘 소오스 가스와 不純物 가스 (dopant gas)로는 각각 SiH₄Cl₂와 H₂ 속에 희석된 PH₃ [100 ppm in H₂]를 사용하였다. H₂의 流量은 230 l/min으로 일정하게 하고, SiH₄Cl₂의 流量을 변화시킴으로써 SiH₄Cl₂의 濃度 [SiH₄Cl₂/H₂]가 0.19~0.51%가 되도록 하였다. 그리고, 不純物 가스의 流量은 一定하게 하여 그 濃度 [PH₃/H₂]가 4.4×10^{-10} 이 되도록 하였다.

成長 實驗이 끝난(즉, 에피택설층과 폴리실리콘이 成長된) 웨이퍼를 사용하여 1080°C에서 에칭 實驗을 행하였다(그림 1(d)). 運搬 가스로는 역시 H₂를 사용하였으며, 에칭 가스로는 HCl 가스[Matheson社, 純度: 99.99%]를 사용하였다. 그리고, 成長 實驗에서와 같이 H₂의 流量은 230 l/min으로 一定하게 하고 HCl 가스의 流量을 변화시킴으로써, HCl 가스의 濃度[HCl/H₂]가 1.4~3.3%가 되도록 하였다.

에피택설층의 두께는 赤外線 干涉을 이용한 film thickness gauge [Digilab社]를 사용하여 測定하였으며, 폴리실리콘의 두께는 grooving 方法으로 測定하였다. 그리하여, 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度는 成長 實驗後의 두께를 成長 時間으로 나누어 구하였으며, 에칭 速度는 에칭 實驗 前後의 두께 差異를 에칭 時間으로 나누어 구하였다. 여기에서, 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度 및 에칭 速度의 데이터들은 2장 이상의 웨이퍼를 사용하여, 각 웨이퍼內에서 적어도 3군데 이상에서 測定한 값들을 平均하였다.

III. 實驗 結果

그림 2는 리액터內의 壓力이 1.0 氣壓[大氣壓 工程]일 경우와 0.1 氣壓[減壓 工程]일 경우에 대해 SiH₂Cl₂의 濃度에 따른 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度를 나타낸 것이다. 이 때의 工程 溫度는 1080°C이며, H₂의 流量은 230 l/min이었다.

여기에서 보면, 大氣壓 工程이나 減壓 工程에서 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度는 SiH₂Cl₂의 濃度에 直線의으로 比例하며, 같은 工程 壓力에서 폴리실리콘의 成長 速度는 에피택설층의 成長 速度보다 다소 크다. 그림으로부터, 實驗 範圍[SiH₂Cl₂의 몰(mole) 比(X_{SiH₂Cl₂})=0.0019~0.0051]內에서, 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度에 대해 다음과 같은 實驗式들이 얻어진다.

大氣壓 工程(ATM)의 경우,

$$G_{epi}(ATM) = 140X_{SiH_2Cl_2} + 0.03 [\mu m/min] \quad (1)$$

$$G_{poly}(ATM) = 140X_{SiH_2Cl_2} + 0.08 [\mu m/min] \quad (2)$$

減壓 工程(RP)의 경우,

$$G_{epi}(RP) = 120X_{SiH_2Cl_2} + 0.01 [\mu m/min] \quad (3)$$

$$G_{poly}(RP) = 120X_{SiH_2Cl_2} + 0.03 [\mu m/min] \quad (4)$$

여기에서, G_{epi}와 G_{poly}는 각각 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度이다.

그림에서, 에피택설층의 成長 速度가 SiH₂Cl₂의 濃度에 直線의으로 比例하는 것은 停滯層 모델(stagnant layer model 또는 boundary layer model)로서¹⁴⁾ 잘 說明되고 있다. 즉, CVD(chemical vapor deposition)

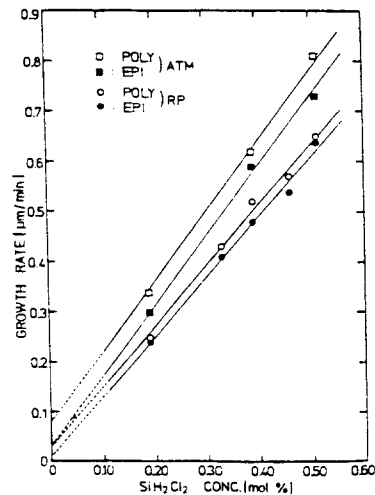


그림 2. 大氣壓[ATM]과 減壓[RP]에서, SiH₂Cl₂ 濃度에 따른 에피택설층 및 폴리실리콘의 成長 速度
Fig. 2. Growth rates of epitaxial layer and polysilicon as a function of the SiH₂Cl₂ concentration at atmospheric[ATM] and reduced pressure[RP].

시스템에서 웨이퍼 表面 근처에는 심하게 濃度 勾配를 가진 停滯層이 존재하며, 高溫 領域[本 實驗에서 1080°C는 이 領域에 속함]에서 에피택설층의 成長 速度는 실리콘 소오스 가스가 벌크(bulk) 가스 領域으로부터 이 停滯層을 통하여 웨이퍼 表面으로 擴散되는 速度에 의해 制御되는데[diffusion controlled], 이 때 擴散 速度는 리액터內에 注入한 실리콘 소오스 가스의 濃度에 比例하므로, 결국 에피택설층의 成長 速度는 실리콘 소오스 가스[SiH₂Cl₂]의 濃度에 直線의으로 比例하게 된다고 알려져 있다.^{16, 17)} 그림에서, 폴리실리콘의 成長 速度가 SiH₂Cl₂의 濃度에 直線의으로 比例하는 것도 이와 같이 說明할 수 있을 것이다.

그림에서, 成長 速度에 대한 直線들을 SiH₂Cl₂의 濃度가 0인 지점까지 延長시켰을 때 完全히 原點[X_{SiH₂Cl₂} = 0 이고 成長 速度가 0인 지점]을 지나지 않는 것은, Duchemin의 報告에서도 觀察된 것으로,¹⁸⁾ SiH₄를 사용할 경우에는 成長 速度에 대한 直線이 完全히 原點을 지나지만, SiHCl₃, SiH₂Cl₂, SiCl₄와 같이 Cl을 함유한 가스를 사용하면 成長 速度에 대한 直線은 完全히 原點을 지나지 않는 것으로 나타났다.

또한, 그림 2 [또는 式(1)~(4)]에서 보면, 減壓 工程에서 直線의 기울기[또는 成長 速度]는 大氣壓 工程에 비해 작은 것으로 나타나 있다. 本 實驗에서, 減壓 工程에서의 에피택설층의 成長 速度는 大氣壓 工程에

서의 成長 速度 값의 약 86%이었다. 이것은 Herring 이¹⁾ 報告한 약 90%[1 氣壓 工程과 0.1 氣壓 工程을 비교했을 때]와 비슷하다. 이와 같이 減壓 工程과 大氣壓 工程에서 直線의 기울기[또는 成長 速度]가 差異가 나는 것은, 壓力 差異에 따라 氣體的 擴散 速度 및 停滯層의 두께, 그리고 실리콘 소오스 氣體的 部分 壓力(partial pressure) 등이 差異가 나기 때문인 것으로 생각된다.

그림 3은 大氣壓 工程과 減壓 工程에서 에피택셜층과 폴리실리콘의 에칭 速度를 HCl 氣體 濃度의 函數로 나타낸 것이다. 이 때의 工程 溫度는 1080 °C 이며, H₂의 流量은 230 l/min 이었다.

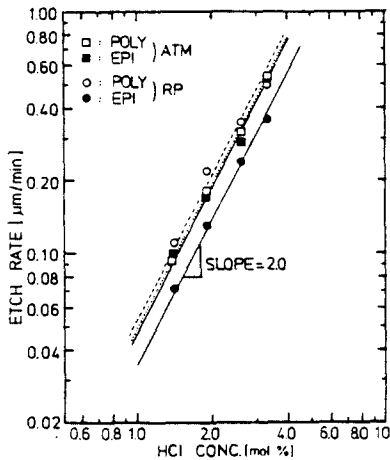


그림 3. 大氣壓[ATM]과 減壓[RP]에서, HCl 濃度에 따른 에피택셜층 및 폴리실리콘의 에칭 速度
Fig. 3. Etch rates of epitaxial layer and polysilicon as a function of the HCl concentration at atmospheric[ATM] and reduced pressure[RP].

여기에서 보면, 에피택셜층 및 폴리실리콘의 에칭 速度는 工程 壓力에 관계없이 HCl 氣體 濃度에 直線의 比例하며, 直線의 기울기[log-log 그래프에서]는 약 2.0이다. 이로써 에피택셜층의 에칭 速度는 물론 폴리실리콘의 에칭 速度는 HCl 氣體 濃度의 2 乘에 比例함을 알 수 있다.¹⁰⁾

그림으로부터, 實驗 範圍[HCl의 몰 비(X_{HCl})=0.014 ~ 0.032] 내에서, 에피택셜층과 폴리실리콘의 에칭 速度에 대해 다음과 같은 實驗式들이 얻어진다.

大氣壓 工程(ATM)의 경우,

$$E_{epi}(ATM) = 480 X_{HCl}^2 \text{ [}\mu\text{m/min]} \quad (5)$$

減壓 工程(RP)의 경우,

$$E_{epi}(RP) = 350 X_{HCl}^2 \text{ [}\mu\text{m/min]} \quad (7)$$

$$E_{poly}(RP) = 530 X_{HCl}^2 \text{ [}\mu\text{m/min]} \quad (8)$$

여기에서, E_{epi}와 E_{poly}는 각각 에피택셜층과 폴리실리콘의 에칭 速度이다.

에피택셜층의 에칭 速度가 X_{HCl}에 比例하는 것은 Bloem¹¹⁾, Putte¹²⁾ 등의 報告와 一致하는 것으로, 이것은 高溫 領域[1080°C는 이 溫度 範圍에 속함]에서 실리콘의 에칭 反應은 式(9)와 같은 全体 過程(overall reaction)에 의해 일어나게 되는데, 이 때 에칭 速度는 에칭 反應의 反應 生成物인 SiCl₂가 웨이퍼 表面으로부터 停滯層을 통하여 벌크 氣體 領域으로 擴散해 나가는 速度에 의해 決定되기 때문이다.¹⁴⁾



리액터내에서 熱力學 平衡이 이루어졌을 때, 에피택셜층의 에칭 速度[E_{epi}]는 SiCl₂의 濃度[X_{SiCl₂}]에 比例하므로,¹⁵⁾ 式(9)로부터 다음과 같은 式이 얻어진다.

$$E_{epi} \propto X_{SiCl_2} = K \frac{(X_{HCl})^2}{X_{H_2}} \quad (10)$$

여기에서, K는 平衡 常數이며, X_{H₂}는 H₂의 몰 비이다. 本 論文에서와 같이 H₂를 運搬 氣體로 사용하는 시스템에서는 HCl 氣體的 量은 H₂에 비해 매우 작으므로 X_{H₂} ≈ 1이다. 따라서, E_{epi}는 X_{HCl}²에 比例하게 된다. 폴리실리콘의 에칭 速度가 X_{HCl}²에 比例하는 것도 이와 같이 說明될 수 있을 것이다.

또한 그림 3에서 보면, 폴리실리콘의 에칭 速度는 에피택셜층보다 크며, 이 때 폴리실리콘과 에피택셜층의 에칭 速度의 差異는 大氣壓 工程에 비해 減壓 工程에서가 훨씬 큰 것으로 나타나 있다.

폴리실리콘의 에칭 速度가 에피택셜층의 에칭 速度보다 큰 것은, 폴리실리콘의 경우 부피에 대한 표면적비(surface to volume ratio)가 에피택셜층에 비해 훨씬 크기 때문이다.¹³⁾ 즉, 폴리실리콘의 경우에는 폴리실리콘 結晶粒(crystallite 또는 grain)의 表面에서 에칭 反應이 일어나는 것 외에 폴리실리콘 結晶粒과 結晶粒 사이에 HCl이 침투되어서도 에칭 反應이 일어나므로 에피택셜층보다 에칭 速度가 커지게 된다.

그리고, 이와 같은 폴리실리콘의 結晶粒과 結晶粒 사이에서의 에칭 反應 效果는 大氣壓 工程에서보다는 減壓 工程에서 훨씬 클 것이다. 이것은 大氣壓 工程과 減壓 工程에서의 氣體的 速度 및 擴散 速度의 差異 때문이라고 생각된다. 즉, 減壓 工程에서는 氣體的 速度 및 擴散 速度가 大氣壓 工程에 비해 훨씬 크므로,¹⁷⁾ HCl 氣體가 폴리실리콘층의 結晶粒과 結晶粒 사이를 보다 쉽게 침투하여 들어갈 뿐만 아니라, 에칭 反應 後의 反應 生成物인 SiCl₂가 실리콘 表面으로부터 停滯層을 통과하여 벌크 氣體 領域으로 擴散되는 速度

또한 클 것이다. 따라서, 폴리실리콘의 結晶粒과 結晶粒 사이에서의 에칭 反應 效果는 大氣壓 工程에서 보다는 減壓 工程에서 훨씬 크게 된다. 한편, 에피택셀층의 에칭 反應은 에피택셀층의 表面에서만 일어나므로 위에서와 같은 結晶粒사이에서의 에칭 反應 效果는 일어나지 않는다. 결과적으로, 폴리실리콘과 에피택셀층의 에칭 速度의 差異는 大氣壓 工程에서보다는 減壓 工程에서 훨씬 크게 된다.

IV. 考 察

지금까지 얻어진 結果, 즉 SiH_2Cl_2 만을 사용했을 때의 에피택셀층 및 폴리실리콘의 成長 速度와 HCl 만을 사용했을 때의 에피택셀층 및 폴리실리콘의 에칭 速度에 대한 實驗式들을 이용하여, SiH_2Cl_2 와 HCl 을 混 合하여 사용한다고 假定했을 때, 選擇的 에피택시가 可能한 工程 條件을 찾아 보기로 하자.

먼저, SiH_2Cl_2 와 HCl을 混 合하여 사용할 때, SiH_2Cl_2 에 의한 실리콘의 成長 反應과 HCl에 의한 실리콘의 에칭 反應이 完全히 相互獨立의으로 일어난다고 假定하자.¹⁴⁾ 그러면, 混 合된 가스로부터 얻어진 에피택셀층과 폴리실리콘의 純 成長 速度(net growth rate; R)는 SiH_2Cl_2 만을 사용했을 때의 成長 速度(G)에서 HCl만을 사용했을 때의 에칭 速度(E)를 뺀 값이 된다. 즉,

$$R_{epi} = G_{epi} - E_{epi} \quad (11a)$$

$$R_{poly} = G_{poly} - E_{poly} \quad (11b)$$

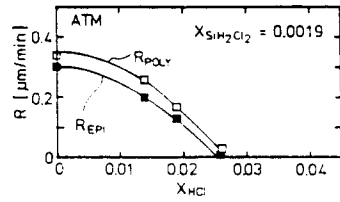
여기에서, R_{epi} 와 R_{poly} 는 각각 SiH_2Cl_2 와 HCl을 混 合하여 사용했을 때의 에피택셀층과 폴리실리콘의 純 成長 速度이다.

完全한 選擇的 에피택시가 이루어지려면, SiO_2 위에서는 폴리실리콘이 전혀 生成되지 않고 실리콘 基板 위에서만 에피택셀층의 成長이 이루어져야 하므로, 다음과 같은 두 가지 條件을 同時에 만족시켜야 한다.

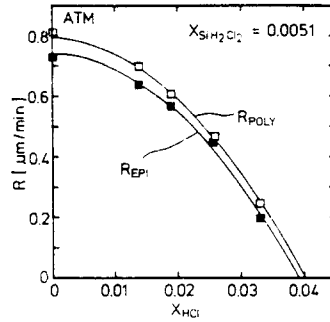
$$R_{epi} > 0 \quad (12a)$$

$$R_{poly} \leq 0 \quad (12b)$$

그림 2와 그림 3의 結果와 式 (11a)와 (11b)를 이용하여 구한 에피택셀층 및 폴리실리콘의 純 成長 速度를 HCl 가스 濃度의 函數로 그림 4 [大氣壓 工程]와 그림 5 [減壓 工程]에 나타내었다. 그림에서, 흰 점과 검은 점은 實驗值[그림 2와 3의 데이터]로부터 구한 것이며, 曲線은 實驗式[(1)~(8)]으로부터 구한 것이다. 그리고, 그림 4와 그림 5의 각각에 대해서 (a)는 SiH_2Cl_2 의 몰 비가 0.0019일 경우이고, (b)는 SiH_2Cl_2 의 몰 비가 0.0051일 경우이다. 그림 4와 5에서, HCl 가스의 濃度가 增加할수록 에피택셀층과 폴리실리콘



(a)



(b)

그림 4. 大氣壓[ATM]에서 SiH_2Cl_2 濃度가 (a) $X_{SiH_2Cl_2} = 0.0019$ 일 경우와 (b) $X_{SiH_2Cl_2} = 0.0051$ 일 경우에 HCl 濃度에 따른 에피택셀층 및 폴리실리콘의 純 成長 速度[R]

Fig. 4. Net growth rates [R] of epitaxial layer and polysilicon as a function of the HCl concentration at atmospheric pressure [ATM] and at the constant SiH_2Cl_2 concentrations of (a) $X_{SiH_2Cl_2} = 0.0019$ and (b) $X_{SiH_2Cl_2} = 0.0051$.

의 純 成長 速度가 非線形的으로 減少하는 것은, 式 (11a)와 (11b)에서 豫測되는 바와 같이, SiH_2Cl_2 의 濃度가 一定할 때, 成長 速度(G)는 一定한데 에칭 速度(E)가 HCl 가스 濃度의 2 乘에 比例하여 增加하기 때문이다.

實驗式 (1)~(8)을 式 (11a), (11b)와 式 (12a), (12b)에 대입하면, 보다 광범위하게 選擇的 에피택시가 可能한 條件이 얻어진다. 즉,

大氣壓 工程의 경우,

$$\begin{aligned} R_{epi}(ATM) &= G_{epi}(ATM) - E_{epi}(ATM) \\ &= (140X_{SiH_2Cl_2} + 0.03) - (480X_{HCl}) > 0 \\ \therefore X_{HCl} &< \frac{140X_{SiH_2Cl_2} + 0.03}{480} \quad (13a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{poly}(ATM) &= G_{poly}(ATM) - E_{poly}(ATM) \\ &= (140X_{SiH_2Cl_2} + 0.08) - (490X_{HCl}) \leq 0 \\ \therefore X_{HCl} &\geq \frac{140X_{SiH_2Cl_2} + 0.08}{490} \quad (13b) \end{aligned}$$

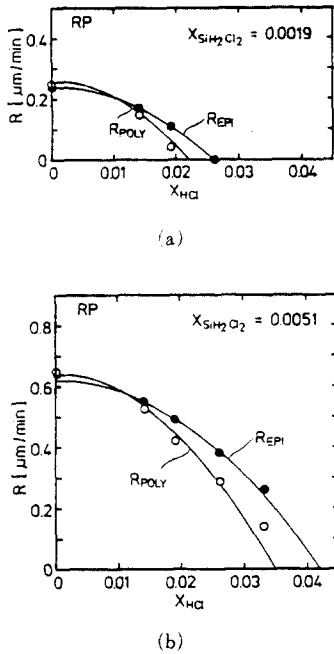


그림 5. 減壓[RP]에서 SiH₂Cl₂ 濃도가 (a) X_{SiH₂Cl₂} = 0.0019 일 경우와 (b) X_{SiH₂Cl₂} = 0.0051 일 경우에, HCl 濃도에 따른 에피택셜층 및 폴리실리콘의 純 成長 速度[R]

Fig. 5. Net growth rates [R] of epitaxial layer and polysilicon as a function of the HCl concentration at reduced pressure [RP] and at the constant SiH₂Cl₂ concentrations of (a) X_{SiH₂Cl₂} = 0.0019 and (b) X_{SiH₂Cl₂} = 0.0051.

減壓 工程의 경우,

$$R_{epi}(RP) = G_{epi}(RP) - E_{epi}(RP)$$

$$= (120 X_{SiH_2Cl_2} + 0.01) - (350 X_{HCl}) > 0$$

$$\therefore X_{HCl} < \frac{120 X_{SiH_2Cl_2} + 0.01}{350} \quad (14 a)$$

$$R_{poly}(RP) = G_{poly}(RP) - E_{poly}(RP)$$

$$= (120 X_{SiH_2Cl_2} + 0.03) - (530 X_{HCl}) \leq 0$$

$$\therefore X_{HCl} \geq \frac{120 X_{SiH_2Cl_2} + 0.03}{530} \quad (14 b)$$

그림 6 과 7 은 각각 大氣壓 工程과 減壓 工程의 경우 選擇의 에피택시가 가능한 SiH₂Cl₂ 및 HCl 가스의 濃度 範圍를 나타낸 것이다. 그림에서 曲線 A 는 폴리실리콘의 純 成長 速度가 0 이 되는 曲線[R_{poly} = 0] 이며, 曲線 B 는 에피택셜층의 純 成長 速度가 0 이 되는 曲線[R_{epi} = 0] 이다. 따라서, 曲線 A 의 위 부분은 폴리실리콘의 成長이 이루어지지 않는 領域이며, 曲線 A 의 아래 부분은 폴리실리콘의 成長이 이루어지는 領

域이다. 한편, 曲線 B 의 위 부분은 에피택셜층의 成長이 이루어지지 않는 領域이며, 曲線 B 의 아래 부분은 에피택셜층의 成長이 이루어지는 領域이다.

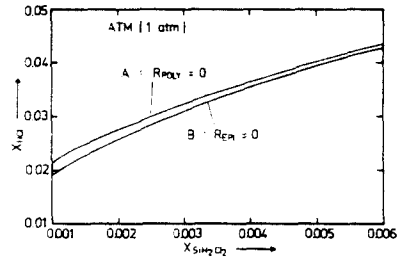


그림 6. 大氣壓[ATM]에서 成長 速度 및 에칭 速度에 대한 實驗式으로부터 계산한 選擇의 에피택셜 成長 領域

Fig. 6. Selective epitaxial growth region calculated from the experimental equations for the growth rates and etch rates at atmospheric pressure [ATM].

그림 6 [大氣壓 工程]에서 보면, 曲線 B 가 曲線 A 의 아래에 위치한다. 따라서, 大氣壓 工程의 경우, 實驗 範圍[X_{SiH₂Cl₂} = 0.002 ~ 0.005, X_{HCl} = 0.014 ~ 0.033] 내에서 폴리실리콘은 成長하지 않고 에피택셜층만 成長하는 領域, 즉 選擇의 에피택시가 가능한 領域이 존재하지 않음을 알 수 있다. 그러나, 만일 成長 速度 및 에칭 速度에 대한 實驗式들을 實驗 範圍 밖까지 延長해서 適用한다면, 大氣壓 工程에서도 式 (13a) 와 (13b) 로부터 X_{SiH₂Cl₂} > 0.017 일 때 選擇의 에피택시가 가능한 HCl 가스의 濃度 範圍가 존재하게 된다.

한편, 그림 7 [減壓 工程]에서는, 그림 6 [大氣壓 工

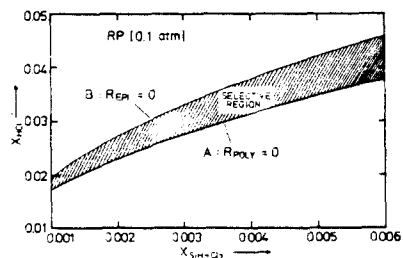


그림 7. 減壓[RP]에서 成長 速度 및 에칭 速度에 대한 實驗式으로부터 계산한 選擇의 에피택셜 成長 領域

Fig. 7. Selective epitaxial growth region calculated from the experimental equations for the growth rates and etch rates at reduced pressure [RP].

程]에서와는 달리, 曲線 B가 曲線 A보다 위에 위치한다. 따라서, 減壓 工程의 경우에는 實驗 範圍 내에서, 폴리실리콘은 成長하지 않고 에피택설층만 成長하는 領域이 존재한다. 즉, 曲線 A와 曲線 B 사이의 領域이 選擇的 에피택시가 可能的 SiH_2Cl_2 및 HCl 가스의 濃度 範圍이다. 예를 들면, SiH_2Cl_2 의 몰비가 0.003일 때 HCl 의 몰비가 0.027~0.033인 範圍에서 選擇的 에피택시가 可能하다.

V. 結 論

大氣壓 工程과 減壓 工程[0.1 氣壓] 각각에 대해서 SiH_2Cl_2 만을 사용했을 때의 에피택설층 및 폴리실리콘의 成長 速度와, HCl 가스만을 사용했을 때의 에피택설층 및 폴리실리콘의 에칭 速度를 조사하여, 각각에 대한 實驗式을 구하였다. 그리고, 獨立의으로 이루어진 이 두 가지 現象의 結果로부터, SiH_2Cl_2 와 HCl 가스를 同時에 混合하여 사용할 경우 SiH_2Cl_2 에 의한 成長 反應과 HCl 가스에 의한 에칭 反應이 完全히 相互 獨立的으로 일어난다고 假定하여 에피택설층 및 폴리실리콘의 純 成長 速度를 구하였으며, 이것을 이용하여 選擇的 에피택시가 可能的 SiH_2Cl_2 및 HCl 가스의 濃度 範圍를 豫測하였다.

그 結果, 大氣壓 工程과 減壓 工程에 관계없이, 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度는 SiH_2Cl_2 의 濃도에 線形的으로 比例하였으며, 에칭 速度는 HCl 가스 濃度の 2 乘에 比例하였다. 그러나, 에피택설층과 폴리실리콘의 成長 速度 및 에칭 速度의 差異[즉, 純 成長 速度]는 大氣壓 工程과 減壓 工程에서 서로 다르게 나타났으며, 이 때문에 選擇的 에피택시가 可能的 SiH_2Cl_2 및 HCl 가스의 濃度 範圍 또한 大氣壓 工程과 減壓 工程에서 서로 差異가 났다. 그리하여, 實驗 範圍 내에서 減壓 工程에서는 選擇的 에피택시가 可能的 濃度 範圍가 존재한 반면 大氣壓 工程에서는 존재하지 않는 것으로 豫測되었다.

끝으로, 실제로 SiH_2Cl_2 와 HCl 가스를 同時에 混合하여 사용할 경우, 選擇的 에피택시가 可能的 SiH_2Cl_2 및 HCl 가스의 濃度 範圍는 그 절대적 값에 있어서 本 論文에서 豫測한 값과 實驗值가 서로 差異가 있을 지도 모른다. 그것은, 本 論文에서 假定한 것과는 달리 SiH_2Cl_2 에 의한 실리콘의 成長 反應과 HCl 에 의한 실리콘의 에칭 反應 사이에는 어느 정도 相互 關聯이 있으며, 本 論文에서 무시하였던 에피택설층 및

폴리실리콘의 核生成 課程 또한 중요한 역할을 할 것으로 예상되기 때문이다. 이에 대한 研究는 앞으로 계속되어야 할 것이다.

아무튼, 本 論文에서의 結果를 이용하여, 적어도 選擇的 에피택시가 可能的 工程 條件에 대한 定性的인 分析은 可能하리라고 판단된다.

參 考 文 獻

- [1] T. Shibata, "New device isolation technology for the VLSI era," *JST News*, vol. 2, no. 4, Aug., 1983.
- [2] K. Tanno, et al., "Selective silicon epitaxy using reduced pressure technique," *Jap. J. Appl. Phys.*, vol. 21, no. 9, pp. L564-L566, Sept., 1982.
- [3] L. Jastrzebski, "SOI by CVD: Epitaxial lateral overgrowth (ELO) process-review," *J. Cryst. Growth*, vol. 63, pp.493-526, 1983.
- [4] J. Bloem, "Silicon epitaxy from mixtures of SiH_4 and HCl ," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 117, no. 11, pp. 1397-1401, Nov., 1970.
- [5] J. Bloem, "High chemical vapor deposition rates of epitaxial silicon layers," *J. Cryst. Growth*, vol. 18, pp. 70-76, 1973.
- [6] A.S. Gove, *Physics and technology of Semiconductor Devices*, Wiley, New York, pp. 10-21, 1967.
- [7] R.B. Herring, *Silicon Epitaxy at Reduced Pressure*. Paper Presented at Electrochemical Society Meeting, Los Angeles, Fall, 1979.
- [8] M.J.P. Duchemin, et. al., "Kinetics of silicon growth under low hydrogen pressure," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 125, no. 4, pp. 647-644, Apr., 1978.
- [9] P. Van der Putte, et. al., "Surface morphology of HCl etched silicon wafers," *J. Cryst. Growth*, vol. 41, pp. 133-145, 1977.
- [10] 趙庚翼 外 2 人, "HCl 가스에 의한 실리콘 基板의 에칭", 電子工學會誌, 第21卷 第5號, 9月 1984年.