

CO₂ 레이저 열처리에 따른 이온 주입된
다결정 실리콘 박막의 판막저항 변화에 관한 연구

○ 박 병황 안 철
서강 대학교 전자 공학과

A Study on the Sheet Resistance Variation
in Ion Implanted Poly-Si Thin Film by CO₂ Laser Annealing

Pyeong-Wang Park ○ Chul An
Dept. of Elec. Eng. Sogang University

Abstract

P⁺ ion implanted poly-Si film with doses of 10E13-10E16 ions/cm² were annealed by CO₂ laser and their sheet resistances were measured and compared with those of furnace annealed samples.

In case of lightly doped samples, the measured sheet resistance of laser annealed samples were lower several orders of magnitude than those of furnace annealed samples.

The origin of this reduction of sheet resistances is supposed to be the increase of the grain size to the extent of certain critical value.

I. 서론

불순물 이온을 주입 시킨 다결정 실리콘 막의 비저항은 불순물 농도가 큰 경우 단결정 실리콘의 경우보다 크긴 하지만 그 차이가 크지 않은 반면 어느 임계농도 이하가 되면 불순물 농도의 감소에 따라 급격히 증가하는 것으로 보고 되고 있다. [1]

그 요인을 설명하는 모형 중의 하나는 Kamins [2]의 carrier trapping 모형인데 이에 따르면 결정경계면에 많은 trap state 가 있어서 캐리어를 포획하여 전도에 기여하는 캐리어 수를 줄이는 한편 캐리어를 포획한 결정 경계면에 전위 장벽이 형성

되어 캐리어의 이동도를 감소 시키기 때문이라 한다. Seto [3] 는 이 모형을 기초로 결정의 크기, 불순물 농도 및 trap 밀도에 따른 전위 장벽의 높이를 계산하였다.

또 하나의 모형은 Cowher 와 Sedgwick [4] 의 dopant segregation 모형으로서 이에 따르면 많은 불순물 이온들이 결정 경계면에 남아 있어서 active 한 불순물 원자의 수가 작아져 캐리어의 수를 감소 시키기 때문인데 불순물 농도가 어느 임계농도 이상이 되면 결정 경계면은 포화되고 그 이상의 불순물은 active 하게 되므로 전도도는 단결정 실리콘 값에 접근된다고 한다.

현재는 이 두모형을 전부 수용하고 있는 편인데 공통적인 것은 결정 경계면이 많으면 많을수록 캐리어의 수는 감소하는 것이다.

본 논문에서는 Si 위에 silane gas 를 사용하여 LPCVD 로 형성한 다결정 실리콘에 1E13 - 1E16 ions/cm² 의 dose 로 p⁺ 이온을 주입한후 CO₂ 레이저로 열처리하여 판막저항을 측정하여 furnace 에서 열처리된 시료의 경우와 비교한 결과 불순물 농도가 작은 시료의 경우 레이저 열처리된 시료의 판막저항이 현저하게 작아 졌으며 이는 레이저 열처리에 의해 결정의 크기의 증가로 결정경계면 밀도가 감소한 것에 의한 것임을 보고한다.

II. 실험

- 1) 시료준비 - p 형 실리콘 (100) 위에 950 °C 에서 습식산화막으로 두께 12000 Å의 산화막을 형성시키고 이 위에 Si 4 gas 를 사용하여 625 °C 에서 LPCVD 로 두께 5000 Å 의 poly-Si 층을 형성시켰다. 이 poly-Si 층에 P+ 이온을 100 kev 로 1B13, 1B14, 1B15 및 1B16 cm-2 의 4 가지 dose 양으로 주입시켰다. 레이저 열처리를 하기 위해 이 위에 다시 두께 500Å 의 Si 껍층을 형성 시켰다.
- 2) 레이저 열처리 - 시료를 350 °C 로 유지 시킨 가열판 위에 부착시키고 CW CO2레이저를 출력 약 7.5 W 에 고정시키고 Zn Se 렌즈로 집속시켜 빔 직경이 약 100 μm 되게한 후 수평 방향으로 400 μm /sec 의 속도로 주사 시켰고 수직 방향으로는 매번 80 μm 의 간격으로 이동시켰다.
- 3) furnace 열처리 - 레이저 열처리된 시료와 비교하기 위해 같은 조건의 시료들을 N2 분위기에서 1000 °C 에서 50 분간 열처리 하였다.
- 4) 판막 저항 측정 - 4 - point probe 를 사용하여 측정하였다.
- 5) SEM 관찰 - 결정 크기의 변화를 관찰하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

P+ 이온 dose 양에 따른 furnace 및 레이저 열처리된 시료들의 판막저항 값들을 표1 에 나타내었다. 표에서 측정 불능이라고 표시한 것은 사용한 probe 의 측정 범위인 100 kΩ/□ 을 넘어선 경우들이다.

표1. 레이저와 furnace 열처리된 시료들의 P+ 이온 dose에 따른 판막저항 값

P+이온 dose	레이저 열처리	furnace 열처리
1B13 cm-2	6800 Ω/□	측정 불능
1B14 cm-2	1800 Ω/□	측정 불능
1B15 cm-2	120 Ω/□	1200 Ω/□
1B16 cm-2	25 Ω/□	48 Ω/□

표1 에서 볼수 있듯이 dose 양이 제일 큰 경우인 1B16 cm-2 의 경우 레이저 열처리된 시료의 판막저항 값이 낮긴 하지만 큰 차이가 없는데 비해 dose 양이 감소할 수록 레이저 열처리된 시료의 판막저항 값이 현저하게 낮아지고 있다. dose 양이 1B14 cm-2 의 경우 furnace 열처리된 시료의 판막저항 값이 probe의 측정 한계를 넘어 측정이 불가능 했기 때문에 참고 문헌의 자료를 인용하여 그림1에 본 연구의 결과와 함께 표시하였다. 인용한 자료의 furnace 열처리 조건이 약간 다르긴 하지만 1B15 cm-2, 1B16 cm-2 의 dose 양의 경우 본 연구에서의 furnace 열처리된 시료에서의 값과 비슷하고 또 다른 참고 문헌도 비슷한 값들을 보고하고 있는 것으로 보아 본 연구에서의 furnace 열처리된 시료의 경우 1B14 cm-2 이하의 dose 양의 경우들도 비슷한 값들을 나타내리라 생각할 수 있다.

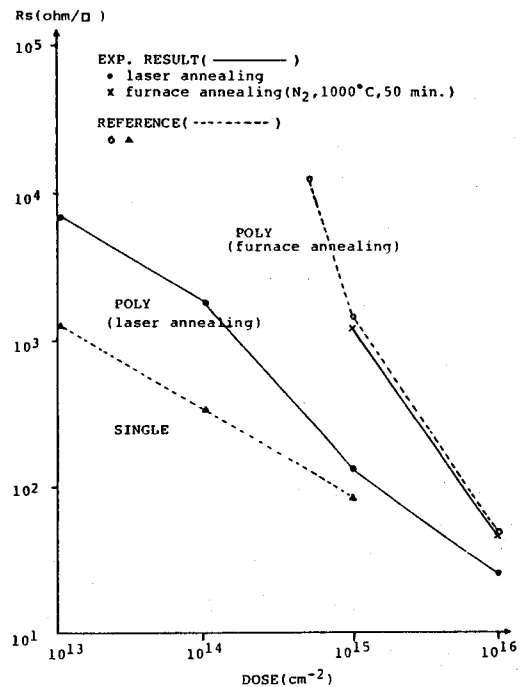


그림 1. 레이저와 furnace 열처리된 시료에서 불순물 dose 양에 따른 판막저항 값

그림 1. 에서 볼 수 있듯이 모든 불순물 영역에서 레이저 열처리된 시료의 판막저항 값이 furnace 열처리된 시료에서보다 낮았는데 불순물 농도가 큰 경우 두 값이 서로 접근하고 있는 반면 작은 농도의 경우에는 상당히 큰 차이를 보이고 있다. 특히 농도가 $1B14 \text{ cm}^{-2}$ 정도 이하로 감소 되면 furnace 열처리된 시료에서는 R 값의 증가율이 현격히 커져서 R 값의 변화를 두 영역으로 구분 하는 어떤 임계 불순물 농도가 있는 반면 레이저 열처리된 시료의 경우는 R의 증가율의 변화가 아주 완만하여 실험한 불순물 농도 범위 안에서는 이러한 영역의 구분이 거의 필요없는 것으로 보인다.

Kamins [2]의 Carrier trapping 모형과 Cowher 와 Sedgwich [4]의 dopant segregation 모형에 따르면 다 같이 주어진 결정 입정크기에 대해 불순물의 어떤 임계농도가 있어서 이 임계농도 이하에서는 R 값이 현격하게 증가 한다고 한다. 따라서 이 모형들에 근거를 두면 본 연구에서의 레이저 열처리된 시료의 경우 결정 입정의 크기가 증가하여 임계농도값이 훨씬 작은값으로 바뀌어서 즉 주어진 불순물 농도에서 결정 입정의 크기가 임계값이상 커졌기때문에 위와 같은 결과를 얻은것이 아닌가 추측된다. 이러한 가정을 확인하기 위해서 레이저 열처리한 시료의 표면을 2000 \AA 정도 etching 한후 SEM 으로 관찰한 결과 결정입정의 크기가 열처리전 1000 \AA 이하이던 것이 $1-2 \text{ \mu m}$ 정도로 증가되어 있었다.

IV. 결론

실리콘 산화막 위에 적층한 다결정 실리콘 층에 P+ 이온을 $1B13 \sim 1B16 \text{ cm}^{-2}$ 의 농도로 주입 시킨후 CO2 레이저로 열처리 한 후 주입 불순물 농도에 따른 판막 저항의 변화를 측정 하였다.

모든 이온 농도에 있어서 레이저 열처리 한 시료의 판막 저항 값이 furnace 열처리 한 경우보다 낮았으며 특히 $1B14 \text{ cm}^{-2}$ 이하의 낮은 농도의 경우 현저하게 낮았다. 이것은 레이저 열처리에 의한 결정 입정 크기의 증가에 기인 한 것으로 보이며 SEM 사진 촬영 결과 1000 \AA 미만 이던 결정 입정의 크기가 레이저 열처리 후 $1-2 \text{ \mu m}$ 정도로 커져 있음을 확인 하였다.

참고문헌

- [1] F. Faggin and T.Klein, Solid State Electronics, Vol.13, p.1125 (1970).
- [2] T.I.Kamins and P.J.Marcoux, IBBB EDL-1, p.159 (1980).
- [3] J.Y.W. Seto, J. Appl. Phys., Vol.46, p.5247 (1975)
- [4] M.B.Cowher and T.O.Sedgwick, J. Electrochem. Soc., Vol.119, p.1240