

전기로를 이용한 이온주입 실리콘의 재결정화 및 활성화

Recrystallization and activation of ion-implanted silicon using furnace

가순식, 유화숙, 김영철, 서화일*, 조남준**, 소병수***, 황진하***

한국기술교육대학교 신소재공학과, *정보기술공학부, **응용화학공학과,
***홍익대학교 신소재공학과

초록

이온주입으로 비정질화된 실리콘의 재결정화 및 활성화에 대한 실험을 전기로를 이용하여 수행하였다. 비정질 실리콘이 결정화 및 활성화가 이루어지면 전계효과 이동도가 좋아진다. 이동도가 향상되면 저항이 작아지고, 이로 인하여 소자의 크기가 작아질 수 있어 소형화가 가능해진다. 결정화 정도를 확인하는 방법으로 Four point probe를 이용한 면저항 측정과 라만 peak 측정을 이용하였다. 이온주입 후 비정질화된 실리콘의 재결정화를 통해서 600 °C에서 1시간 열처리한 값이 가장 많이 결정화가 되었다는 것을 알 수 있었다.

1. 서론

TFT-LCD 는 기술 특성에 따라 크게 a-Si (비정질 실리콘), LTPS (Low Temperature Polycrystalline Silicon), HTPS (High Temperature Polycrystalline Silicon) TFT-LCD 로 구분된다 [1]. LTPS 와 HTPS 는 결정질 실리콘인데, a-Si (비정질 실리콘)은 결정질 실리콘에 비하여 전계효과 이동도가 떨어진다. LTPS TFT 는 전계효과 이동도가 전통적인 비정질 실리콘보다 약 100 배 더 크다 [2]. 즉, 결정질 실리콘을 이용한 TFT 는 전계효과 이동도가 커지고, 이로 인하여 저항이 작아져서 소자의 크기가 작아질 수 있다.

LTPS 기술로 poly-Si TFT 를 제조할 때 일어나는 대부분의 문제점은 취약한 유리기관의 내열성으로 인해 공정 온도를 높은 온도로 충분히 올릴 수 없다는 점이다. 이러한 유리기관의 내열성은 TFT 제조 공정의 허용온도를 600 °C 미만으로 제한하게 된다. 최근 유리 기관이 허용하는 저온에서 빠른 시간 내에 poly-Si 을 형성하는 다양한 공정이 제안되고 있으며, 이러한 기술로는 엑시머 레이저 결정화 (Excimer Laser Crystallization: ELC), 금속유도결정화 (Metal Induced Crystallization: MIC), 마이크로웨이브 가열 결정화 (Microwave Heating

Crystallization)등을 들 수 있다. 엑시머 레이저 결정화 (ELC)는 엑시머 레이저의 순간 조사를 이용하여 하부 유리기관의 손상없이 상부 비정질 Si 막을 용융, 재결정시키는 방법으로서 유리기관이 허용하는 저온에서 poly-Si 을 제조할 수 있다. 금속유도결정화 (MIC)는 Ni, Pd 등의 금속촉매로 450 °C 미만의 낮은 온도에서 결정화가 가능하다 [3].

본 실험에서는 ELA (Excimer Laxer Annealing) 기술을 적용하여 poly-Si 를 만들었다. 이것에 이온도핑을 하여 비정질 실리콘을 만든 후 이를 열처리를 통해 다시 재결정화를 하여 결정화의 정도에 대하여 알아보하고자 한다. 결정화의 양은 라만과 면저항으로 분석하였다.

2. 실험 방법

비정질의 결정화 방법으로 이온주입 후 비정질화된 실리콘의 재결정화를 이용하였다. 이온주입 후 비정질의 재결정화 공정을 위해 우선 유리기관 위에 산화막 3000Å을 증착하고 PECVD 로 비정질 실리콘을 500Å 증착한 뒤 ELA (Excimer Laser Annealing) 법으로 비정질 실리콘을 결정질 실리콘으로 만든다. 다음으로 90 kV 의 고 가속 전압 하에 인(P)을 $1 \times 10^{15} \text{ #/cm}^2$ 이온 주입한다. 이온 주입 후 활성화 (Activation)를 위해 전기로로 열처리한다. 실험 과정을 Fig. 1 에 나타내었다. 시간에 따른 결정화 정도를 측정하기 위해 질소 분위기에서 400 °C, 500 °C, 600 °C에서 각각 1 시간 동안 열처리하였다. 또 열처리 시간이 결정화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 600 °C를 유지하고 각각 10 분, 30 분, 60 분, 180 분, 360 분에서 열처리하였다. 결과 분석은 Four Point Probe 로 면저항과 라만 분광기로는 라만 peak 를 분석하여 결정화 정도를 알아보았다.

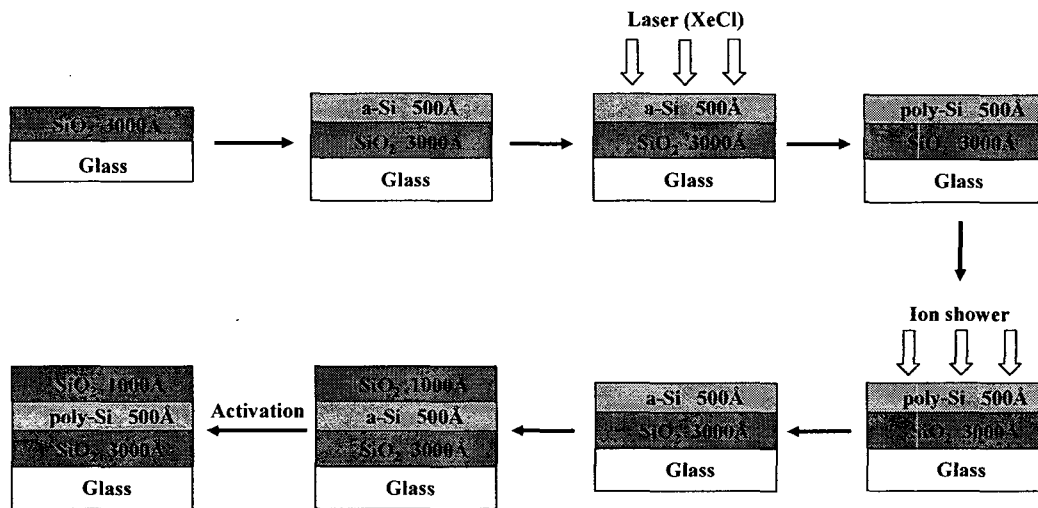


Fig. 1. Excimer Laser Annealing 기술을 이용하여 제작된 LTPS에 이온도핑과 열처리를 통하여 결정질 실리콘을 만드는 과정.

3. 실험결과 및 고찰

이온주입으로 비정질화된 실리콘의 실험에서 각각의 온도 변화에 따른 비정질의 결정화 정도를 면저항 값과 라만 peak 로 확인하였다. Fig. 2 는 온도변화에 따른 Four point probe 로 측정된 면저항 값을 보여준다. Fig. 2 는 각각의 점들이 600 ℃, 500 ℃, 400 ℃에서 1 시간 동안 열처리한 것을 나타내는데, 온도가 높아질수록 저항 값은 낮아지는 것을 알 수 있다. 또 이 그래프의 기울기를 이용하여 활성화 에너지를 구할 수 있다.

$$R=R_0 \exp(Q/RT)$$

여기서 R 은 면저항, R_0 는 비례상수, Q 는 활성화 에너지, R 은 기체상수이다. Fig. 2 에서 구해진 기울기는 10.92 로, Q 는 90.8 J/mol 이 계산되어 진다.

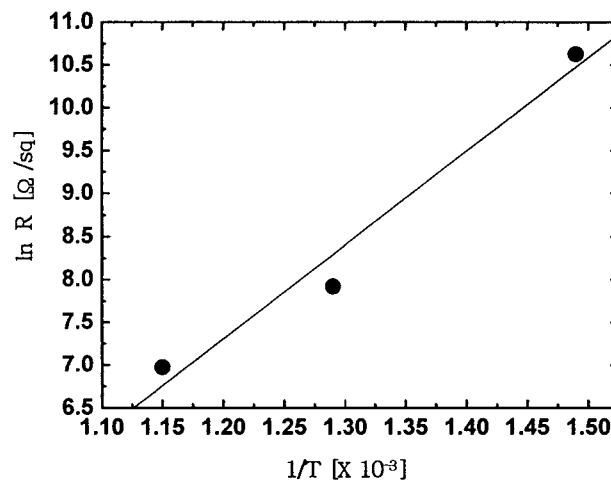


Fig. 2. 이온주입으로 비정질화된 실리콘의 재결정화에 따른 열처리 온도에 대한 면저항 변화 (각각 1 시간씩 열처리 함).

Fig. 3 은 전기로 온도를 600 ℃로 고정시킨 후 열처리 시간에 따른 면저항의 변화인데 열처리 시간을 길게 할수록 저항이 낮아지는 것을 알 수 있다. 저항이 낮아지다가 60 분 이후부터 점점 일정해지는 것을 관찰할 수 있다. 이것으로 열처리 시간을 60 분으로 잡았다.

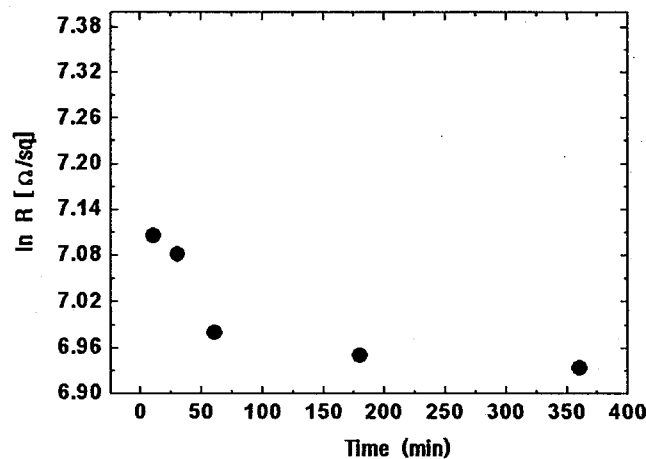


Fig. 3. 이온주입으로 비정질화된 재결정화에 따른 열처리 시간에 대한 면저항값.

Fig. 4 는 열처리 시간을 1 시간으로 고정하고 온도 변화에 따른 비정질의 결정화 정도를 라만 분석으로 확인한 결과값이다. 온도가 증가할수록 결정질 peak 가 뚜렷하고 커지는 것을 확인할 수 있다. 400 °C는 peak 가 뚜렷하지 않으며, 500 °C는 비교적 결정화가 잘 되었으나 peak 의 왼쪽 부분에서 알 수 있듯이 비정질 부분이 남아 있다. 600 °C 에서는 비정질 부분을 찾아 볼 수 없이 peak 가 매우 뚜렷한 것을 볼 수 있다. 따라서 600 °C 1 시간 열처리 조건으로 결정화가 충분히 잘 된다는 것을 알 수 있다.

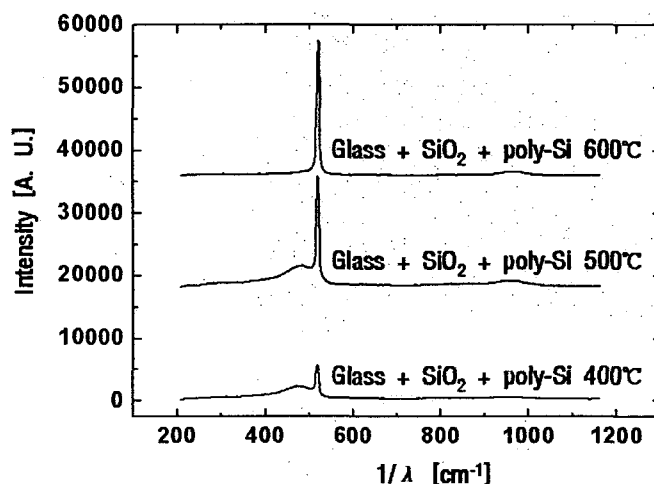


Fig. 4. 이온주입으로 비정질화된 실리콘의 재결정화에 따른 라만 스펙트럼 (각각 1시간씩 열처리 함).

4. 결론

전기로를 이용한 이온주입 실리콘의 재결정화 및 활성화를 알아보았다. 라만 스펙트럼에서 온도가 증가할수록 결정질 peak가 성장하다 600 °C에서 모두 결정화가 되었다. 그러므로 600 °C 1시간의 열처리 조건으로 결정화가 잘 되는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] 한수연, “개발경쟁 가속되는 차세대 LCD,” LG 주간경제, pp 22-27, 2001.11.21.
- [2] T. Fuyukia, K. Kitajimaa, H. Yanoa, T. Hatayamaa, Y. Uraokaa, S. Hashimotob, and Y. Moritab, “Thermal degradation of low temperature poly-Si TFT,” Thin Solid Films 487, pp 216-220, 2005.
- [3] 강구현, 임태형, “교번자장 인가에 의한 비정질 Si 박막의 금속유도층면결정화(MLC) 거동에 관한 연구”, 제 9 회 휴먼테크논문상 동상 수상작.