

절연층상에 인을 주입시킨 실리콘 박막의
RTA 방법에 의한 재결정화

○ 김근곤, 김현수, 김용태, 민석기
한국 과학기술원, 반도체재료 연구실

Recrystallization of Phosphorus Ion
Implanted Silicon on Insulator(SOI) by RTA Method

Chun Keun Kim[○], Hyun Soo Kim, Yong Tae Kim, Suk-ki Min
KAIST, Semiconductor Materials Lab.

Abstract

We have studied liquid phase regrowth of phosphorus ion implanted silicon films on insulator (SOI) by rapid thermal annealing (RTA) method. Many twin boundaries were observed on the regrown silicon layer and mobility of the layer was increased from $14 \text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{sec}$ to $3\theta \text{ cm}^2/\text{v}\cdot\text{sec}$ after annealing at 1150°C for 15 sec.

1. 서론

최근, 절연층상의 비정질 혹은 다결정 실리콘 박막 구조(SOI)는 많은 연구의 대상이 되어 왔다.¹⁻⁸ 그 이유는 종래의 평면 기판위에 여러층의 SOI 구조를 쌓아 감으로 써신기능 3차원 구조 소자 및 초고집적 소자에 응용 시킬 수 있기 때문이다. 특히 다양한 재결정화 기술을 통하여 절연층 위에 형성시킨 비정질 혹은 다결정층을 결정화 시키기 위해 결정립계 성장 및 epitaxial 성장등을 시도해 오고 있다. 그중 대표적인 방법으로 레이저, 전자빔, graphite strip heater, 각종 램프등을 이용한 금속열처리(RTA) 방법과 CVD 기술등이 있다. 그러나, 현재 까지 만족할 만한 재결정화 기술이 개발되지 않고 있다. 본 실험에서는 텅스텐 할로겐 램프를 이용하여 SOI 구조의 재결정화를 시도하였다.

2. 실험

실험에 사용 한시편은 결정 방향이 (100), 비저항이 5-6 Ωcm 인 실리콘웨이퍼로서 세척한후 5000 Å 의 산화막을 기른후 다양한 크기 (5 μm -30 μm)를 가진 seeding window 를 사진 식각 방법으로 만들었다. 0.5 μm 의 다결정 실리콘 박막을 산화막이 국부적으로 제거된 웨이퍼 면에 LPCVD 방법으로 성장시켰다. 그후 인을 80 KeV 로 가속하여 각각 1×10^{12} , 1×10^{13} , 1×10^{14} , 1×10^{16} atoms/cm² 로 주입 하였다. 이때 다결정층은 비정질화 된다. 재결정화 과정을 통해 비정질 층이 기판에 따라 어떤 상의 변화가 있는지 관찰하기 위해 비정질층이 실리콘

기판과 직접 접촉하는 seeding window 부분과 그 나머지 SOI 구조가 되는 부분으로 구분하여 동시에 같은 조건으로 열처리 하였다. 이온 주입 공정이 끝난후 일부는 LPCVD 방법으로 2500 Å 의 산화막을 비정질층 위에 덮고 나머지는 비정질층을 그대로 노출시킨채 자체 제작한 RTA 장치를 이용하여 건조한 질소 분위기에서 열처리 하였다. 열처리 조건은 600°C 에서 1170°C 까지로 각 온도에서 15초씩 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 자체 제작한 RTA 장치의 특성을 보여주는 것으로 온도 상승율은 $110^\circ\text{C}/\text{sec}$ 이며 냉각속도는 $-50^\circ\text{C}/\text{sec}$ 였다.

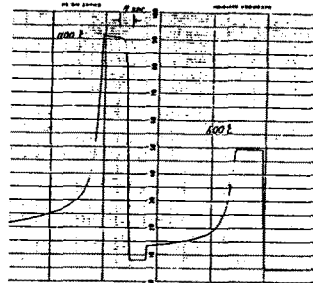


그림 1. RTA 장치의 온도 특성
Fig. 1. Temperature profile of RTA system

절연층상의 비정질화된 실리콘 박막의 응용 온도를 조사하였다. 비정질층의 표면상태가 1030°C 까지는 전혀 변화가 없었으나 1040°C 에서 15초간 열처리할 경우 갑자기 응용 상태로 변하는 것을 볼 수 있었다. 이와같은 변화에 대한 전기적 특성을 조사하기 위해 Hall 효과 측정을 하였다.

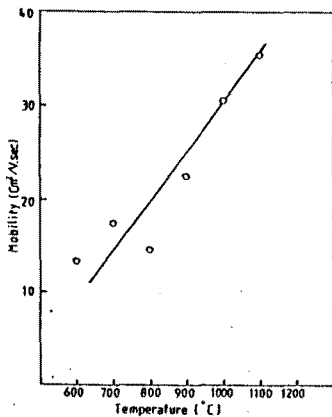


그림 2. 열처리 온도에 따른 Hall 이동도의 변화
Fig. 2. Annealing temperature dependence of Hall mobility

그림 2는 인을 1×10^{16} atoms/cm² 으로 주입시킨 SOI 구조상에서 열처리 온도에 따른 전자 이동도의 변화를 측정된 결과이다. 전자 이동도는 열처리 온도가 600°C, 15초인 경우 14 cm²/v.sec 였으나 1150°C 로 처리한 후엔 38 cm²/v.sec 로 증가 하였다. 이와같이 전자 이동도의 증가가 일어나는 원인은 재결정화 과정에 따라 초기의 작은 결정립계에서 점차 결정립계가 성장하기 때문이다.^{3,7}

SOI 구조가 아닌 seeding window 를 연 부분에서 비정질 실리콘 박막이 용융 상태가 되면서 seeding window 의 가장자리로 liquid phase transformation 이 진행되는 것을 관찰 하였다. 그림 3은 이와같은 lateral growth 를 보여주는 Nomarski 간섭 현미경 사진이다.

이 그림은 stripe 형의 seeding window 를 연 부분에서 관찰된 것이다. 비정질 실리콘층이 단결정 실리콘 표면과 직접 접촉된 부위에서 먼저 liquid phase 로 변화가 일어나서 열처리 온도가 높아 질수록 양가장 자리로 solid-liquid 계면의 이동에 의한 lateral growth 가 일어나는 것을 보여주는 것이다. 그림 4는 seeding window 를 연 부분의 표면과 단면을 함께 나타낸 것이다. 그림 4의 상단에서 microtwin 들이 재결정화된 박막의 표면에서 무수히 나타나는 것을 보여 주고 있다. 이와 같은 microtwin 들은 일반적으로 비정질 실리콘 층이 단결정화 되어 가는 과정에서 나타나는 것으로 알려져 있다.^{4,5} 그림 4의 아단에는 재결정화된 표면층 바로 아래의 단면을 Wright etching 을 하고 난후 관찰한 것으로 <110> 방향으로 slip 이 전파된 것을 보여주고 있다.

4. 결론

텅스텐 할로겐 램프를 사용하여 RTA 장치를 제작하고 이 장치를 이용하여 인을 주입시킨 비정질 박막의 재결정화를 시도하였다. 절연층상의 비정질 박막은 1040°C 15초간 열처리 했을 때 용융 상태가 되었으며 600°C 에서 1150°C 로 열처리 온도를 변화시켜가며 이 비정질 박막의 Hall 이동도를 측정한 결과 14에서 38 cm²/v.sec 로 증가하였다. 또한 seeding window 를 연 부분에서 liquid phase 변환이 일어나서 근접한 SOI 구조까지 lateral growth 가 가능하였다. 이때 재결정화된 비정질층에서 microtwin 들이 관찰되었다.

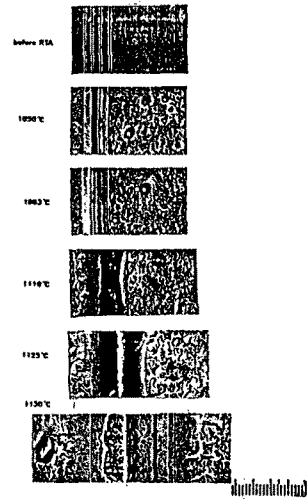


그림 3. SOI 구조에서 일어난 liquid phase transformation 의 lateral growth
Fig. 3. Lateral growth of liquid phase transformation of the SOI structure

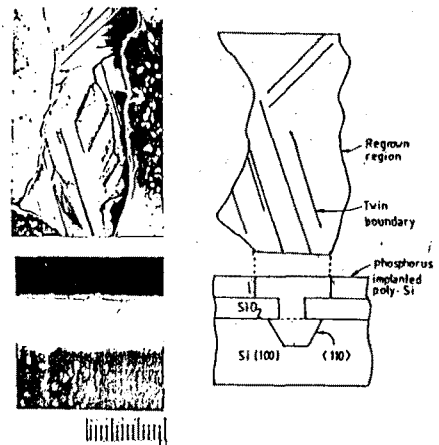


그림 4. 재결정화된 부분에서 관찰된 microtwin 과 slip 의 Nomarski 현미경 사진
Fig. 4. Namarski optical micrographs of microtwins and slip on the regrown region

References

1. H.W. Lam, A.E. Tasch, T.C. Holloway, "Characteristics of MOSFETS fabricated in laser-recrystallized poly silicon islands with a retaining wall structure on an insulating substrate", EDL-1, 10, 206, 1980.
2. A. Gat, "Heat-pulse annealing of arsenic implanted silicon with a CW arc lamp", EDL-2, 4, 1981.
3. S.J. Kranse, et al, "Grain growth during transient annealing of As-implanted polycrystalline silicon films", Appl. Phys. Lett., 45, 778, 1984.
4. M. Tamura, et al, "Epitaxial transformation of ion-implanted polycrystalline Si films on (100) Si substrates by rapid thermal annealing", Jap. J. Appl. Phys. 24, 2, U51, 1985.
5. B. Loisel, et al, "Flash lamp crystallization of amorphous silicon films on glass substrates" Thin solid films, 117, 1984.
6. C.K. Kim, H.S. Kim, Y.T. Kim and S.K. Min, "Implementation of rapid thermal annealer for Si & GaAs and its performance", Bull. of the Kor. Phys. Soc. Vol.4, 2, 130, 1986.
7. C.K. Kim, H.S. Kim, Y.T. Kim and S.K. Min, "Liquid phase recrystallization of phosphorus ion implanted Si film on insulator by RTA method", Bull. of the Kor. Phys. Soc. Vol 5, 1, 63, 1987.
8. T. Warabisako et al, "Lateral solid-phase epitaxial growth of phosphorus-ion implanted CVD poly silicon", J. Electrochem. Soc. April, 1029, 1987.