

아르곤 플라즈마처리에 의한 다결정 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 표면거칠기 개선

이승호 · 소명기
강원대학교 재료공학과
(1997년 8월 1일 접수)

The Improvement of Surface Roughness of Poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ Thin Film Using Ar Plasma Treatment

Seoung-Ho Lee and Myoung-Gi So

Department of Material Engineering, Kangwon National University
(Received August 1, 1997)

요 약

RTCVD법으로 증착된 다결정 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 표면거칠기를 개선하기 위하여 아르곤 플라즈마 처리를 행하였으며, 아르곤 플라즈마 처리변수(전극거리, 압력, 시간, 기판온도, R.F power) 변화에 따른 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 표면거칠기와 비저항값의 변화를 조사하였다. 아르곤 플라즈마 처리시 전극간거리의 감소 그리고 압력, 시간, 기판온도, R.F power 증가에 따라 플라즈마내 입자(이온, 중성원자)들의 기판충돌에너지를 증가시켜 기판표면 에칭효과로 인해 cluster 크기가 감소하였다. 이와같은 표면 에칭효과에 의한 cluster 크기 감소에 의해 RMS값은 감소시킬 수 있었으나, 반면에 비저항값은 증가하였다. 이러한 비저항값의 증가는 표면충돌에너지 증가에 의한 표면손상 때문으로 생각된다. 결국 아르곤 플라즈마 처리를 통하여 표면거칠기는 개선시킬 수 있으나 기판표면 손상등에 의해 비저항값이 증가함을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this study, the Ar plasma treatment was used to improve the surface roughness of poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ thin film deposited by RTCVD. The surface roughness and the resistivity of $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ thin film were investigated with variation of Ar plasma treatment parameters (electrode distance, working pressure, time, substrate temperature and R.F power). When the Ar plasma treatment was used, the cluster size decreased by the surface etching effect due to the increasing surface collision energy of particles (ion, neutral atom) in plasma under the conditions of decreasing electrode distance and increasing pressure, time, temperature, and R.F power. Although the surface roughness value decreased by the reduction of the cluster size due to surface etching effect, however, the resistivity increased. This may be due to the surface damage caused by the increasing surface collision energy. It was concluded that the surface roughness could be improved by the Ar plasma treatment, while the resistivity was increased by the surface damage on the substrate.

Key words : Poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$, Plasma etching, Surface roughness improvement, Resistivity

1. 서 론

현재 대형, 고화질의 TFT-LCD를 개발하기 위해서는 저온공정(<600°C)이 용이하며 높은 이동도를 갖는 활성층(active layer)물질을 개발하여 TFT 소자에 적용시키는 것이 필수적이다. 최근에 Si에 Ge이 첨가됨으로써 channel 이동도가 다결정 Si TFT보다 우수하고, 빠른 막성장 속도와 저온공정(<550°C)의 용이성을 갖는 poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ alloy가¹⁾ poly-Si 대체용으로 새롭게 부각

되고 있다. $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 은 Si gas source에 GeH_4 를 첨가함으로써 Si에 비해 용융점이 낮고 증착, 결정화, 성장, dopant 활성화 등의 공정온도를 Si의 공정온도보다 낮은 온도에서 실시할 수 있으며 특히 TFT를 550°C 이하의 온도에서 제작할 수 있다고 보고되고 있다.²⁾ 직접 다결정 형태의 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막 증착에 있어 증착 후 높은 이동도를 얻기 위해서는 큰결정립이 요구된다. 일반적으로 막 증착 공정을 통해 큰결정립을 얻기 위해서는 높은 증착 온도가 요구되는데 이로 인해 결정립크기는 증가하나,

증가된 결정립에 의해 표면거칠기가 나빠지는 경향이 있어 전하이동도가 저하된다고 보고되고 있다. Yamanaka³⁾와 Uchida⁴⁾ 등에 의하면 증착된 다결정 Si막의 표면거칠기가 불량할 경우 전도 carrier들의 이동이 표면 근처에서 일어남으로 표면 scattering이 발생하여 전도 carrier들의 이동을 방해하고 이동을 감소시킴으로 전기전도도를 저하시키는 요인이 되며, 이와같은 막 위에 얇은 게이트 유전박막을 증착시킬 경우 표면에서의 불균일한 증착으로 인해 누설전류가 증가하여 전기적특성이 나빠지는 단점을 보고하였다.

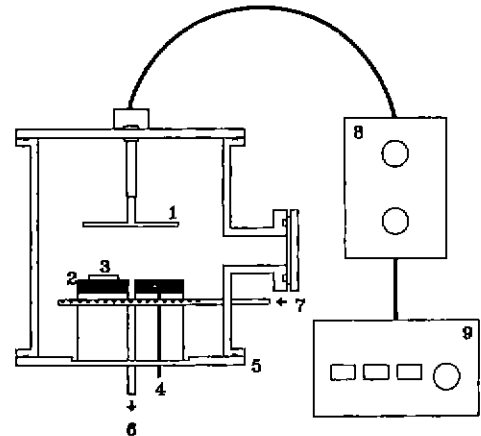
이와같이 실제적으로 트랜지스터 작동에 있어 전기적 특성은 표면근처의 반전층에 의해서 전하이동도가 이루어지므로 게이트절연막과 활성층 사이에 평탄한 계면을 얻는 것이 매우 중요한 관점으로 부각되고 있다. 따라서 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 이동을 증가시키기 위해서는 결정립크기 증가와 함께 표면거칠기를 감소시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다. 최근, Chang 등은⁵⁾ TFT 소자의 활성층으로 undoped 다결정 Si를 사용하여 표면거칠기 향상을 위해 CMP(chemical mechanical polishing)공정을 수행한후 CMP 처리하지 않은 것과 소자 특성을 비교한 결과 CMP 처리한 것에서 우수한 전기적 특성을 얻을 수 있었다고 보고하였다. 이와같이 표면거칠기의 중요성이 부각됨에 따라 최근에 CMP공정이 증착된 막의 표면거칠기를 개선시킬 수 있는 최적의 방법으로 대두되고 있으나, 공정의 복잡성과 slurry 사용으로 인한 오염 등이 문제시 되고있다. 그러므로 본 연구에서는 이러한 CMP 공정 대신, 표면거칠기를 개선하기 위하여 기판세정(cleaning) 방법으로 알려진 플라즈마처리⁶⁾를 행하고자 한다. 일반적으로 플라즈마 처리는 실리콘 기판 표면의 자연산화막이나 불순물입자들을 sputter 에칭에 의해 제거시키는 기판세정 방법에 이용되고 있다. 실리콘기판의 세정방법으로 아르곤 플라즈마를 이용한 세정방법이 많이 이용되고 있으며, 플라즈마를 이용한 세정방법은 플라즈마내에 존재하는 이온이나 중성입자들에 의한 기판에칭 효과에 의해 세정효과를 얻을 수 있으나 이러한 입자들이 표면손상을 야기시키는 단점이 있다.⁷⁾ 이러한 기판 세정효과와 표면손상은 아르곤 플라즈마 세정시 처리변수들에 의해 변화되는 것으로 보고되고 있다. 또한 기존의 세정방법은 기판에 막을 증착시키기 전에 이용하였으나 이러한 방법을 증착된 막에 적용시킨다면 sputter 에칭 효과에 의해 증착된 막의 표면거칠기를 개선시킬 수 있을것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 증착된 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 표면거칠기를 개선하기 위하여 플라즈마처리를 행하여 아르곤 플라즈마 처리시 처리변수 변화에 따른 다결정

$Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 표면거칠기 변화를 살펴보고자 한다. 또한 아르곤 플라즈마 처리시 처리변수에 따른 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 표면거칠기 변화와 함께 표면손상의 정도를 조사하여 아르곤 플라즈마 처리 후 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 비저항값을 크게 변화시키지 않으면서 표면거칠기가 개선될 수 있는 최적의 조건을 알아보고자 한다.

2. 실험방법

본 실험에서는 p-type(100) 실리콘 웨이퍼 위에 열산화법으로 증착된 산화막의 두께가 1000 Å인 oxidized 실리콘 웨이퍼를 50×50 mm 크기로 절단하여 시편으로 사용하였다. 시편을 세정한 후 질소로 건조시켜 RTCVD(rapid thermal CVD) 반응관에 장입시켰다. 반응가스로 5%SiH₄(95%Ar)과 7%GeH₄(93%H₂)을 사용하여 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막을 증착하기 전에 buffer층으로 실리콘을 570°C에서 수 nm 이하로 증착한 후 in-situ로 증착온도 550°C, SiH₄:GeH₄ flow ratio=1:1, 압력 3 torr인 조건에서 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막을 증착하였다. 증착된 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막을 PECVD장비를 이용하여 아르곤 플라즈마 처리를 행하였으며 Fig. 1에 PECVD 장비의 개략도를 나타내었다. 시편을 세정한 후 PECVD 반응관에 장입시켜 아르곤 플라즈마 처리변수를 변화시켜 아르곤 플라즈마 처리를 행하였으며 Fig. 2에 처리절차



- | | |
|-----------------------|-------------------|
| 1 : Cathode. | 6 : Gas Out. |
| 2 : Heating Element. | 7 : Gas In. |
| 3 : Poly-SiGe Sample. | 8 : Matching Box. |
| 4 : Thermocouple. | 9 : RF Generator. |
| 5 : O-ring. | |

Fig. 1. A schematic diagram of PECVD apparatus.

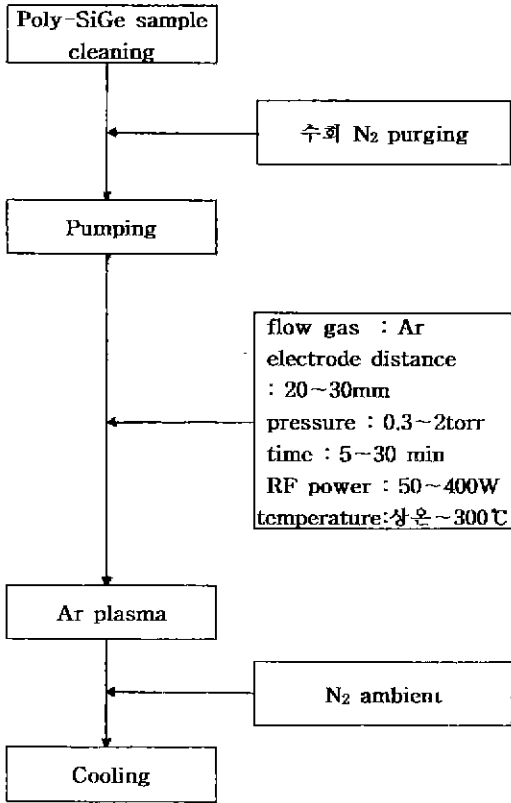


Fig. 2. Experimental procedure and condition of Ar plasma treatment.

및 조건을 나타내었다. 아르곤 플라즈마 처리변수로 전극거리, 압력, 시간을 변화시켜 이에따른 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 비저항과 표면거칠기값 변화를 먼저 살펴보았으며, 처리 후 비저항값을 크게 변화시키지 않으면서 표면거칠기값이 개선되는 조건을 알아보았다. 이와같이 얻어진 조건을 일정하게 유지한 후 R.F power와 기판온도 변화에따른 최적조건을 알아보았다. 증착된 다결정 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 두께측정은 α -step을 이용하였으며 측정된 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 두께는 4000 Å이었다. α -step 측정을위한 step은 질산과 불산이 혼합된 에칭 용액에 습식 에칭하여 제조하였다. 증착된 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 성분분석은 AES 분석을 통하여 알아보았으며 AES 분석시 Auger electron spectrum의 입사전자 운동에너지는 5 KeV이고 빔전류는 0.0247 μA 이었다. 또한 결정상 분석을 위한 X-선회절 측정은 (111), (220), (311)면이 측정되는 2θ 의 범위인 25~60°로 하였으며 타겟은 Cu K α 를 사용하였다. $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 아르곤 플라즈마 처리 전, 후의 미세조직 및 결정크기 변화를 관찰하기위해 Jeol사의 TEM을 이용하였으며 가속전압 200 KeV인 조건에서 분석하였다. 시편은 HF+D.I water 용액에 담구어 놓은

후 기판의 산화막을 녹여, 떠오르는 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 막을 건져내는 lift-off 방식을 이용하여 준비하였다. 아르곤 플라즈마 처리 후 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 막 내에서 아르곤의 존재유무를 알아보기 위하여 VG Microtech사의 ESCA(electron spectroscopy for chemical analysis)를 이용하여 분석을 행하였다. 아르곤 플라즈마 처리전과 후의 표면형상과 표면거칠기, cluster 크기를 측정하기위해 AFM(atomic force microscopy)분석을 행하였으며, 비저항측정을 위해 VEECO사의 four-point probe를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 증착된 다결정 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막 분석

Fig. 3에 증착온도 550°C, $\text{SiH}_4:\text{GeH}_4$ flow ratio=1:1, 압력 3 torr인 조건에서 RTCVD로 증착된 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 박막의 Auger depth profile과 XRD 분석결과를 나타내었다. AES depth profile 분석결과, 박막의 깊이방향으로 증착층인 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 막과 buffer층인 Si 그리고 기판인 SiO_2 층이 존재함을 알 수 있었으며, 개략적으로 Ge가 0.55의 조성비를 갖음을 알 수 있었다. 또한 X-ray 회절 분석결과, 다결정 Si이나 Ge에서 나타나는 (111), (220), (311)면에 의한 peak들이 존재하는 것으로 보아

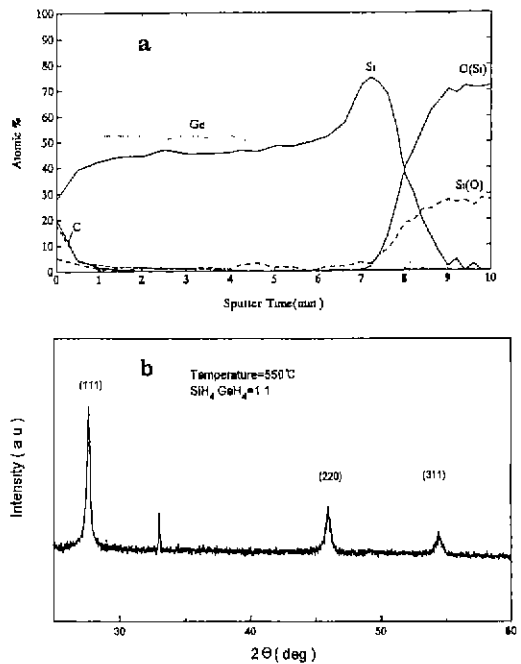


Fig. 3. AES and XRD analysis of Poly- $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ thin film. (a) Auger depth profile and (b) X-ray diffraction pattern

증착된 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막이 전형적인 다이아몬드 구조를 갖는 다결정상임을 알 수 있으며 2 θ 값 33° 부근에서 나타난 X-ray 회절 패턴은 기판이 (100)으로 되어있기 때문에 2중 회절에 의해 나타난 기판 peak으로 보인다. 증착된 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 AFM 분석결과 3차원적으로 성장된 island 형태의 cluster들이 존재하였으며, 표면거칠기값인 RMS값과 cluster 크기는 각각 8.7, 640 nm를 나타내었다. 또한 증착된 다결정 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 비저항값을 측정된 결과 3.4($\Omega \cdot cm$)의 비저항값을 나타내었다.

아르곤 플라즈마 처리 변수가 표면거칠기 및 비저항 변화에 미치는 영향

3.2. 전극거리의 영향

Fig. 4에 RF power 200 W, 기판온도 상온인 조건에서 각각의 전극간 거리(20, 25, 30 mm)에 따른 아르곤 플라즈마처리를 수행한 후, AFM으로 측정된 $Si_{1-x}Ge_x$ 박

막의 표면거칠기값과 cluster 크기 변화를 나타내었으며, 기판과 전극사이의 거리가 감소함에 따라 RMS값과 cluster 크기가 감소함을 알 수 있었다. Fig. 5에 전극간 거리 20 mm와 30 mm 일때 아르곤 플라즈마처리 후, $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 표면형상을 AFM 3D image로 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 전극간 거리 20 mm인 조건에서 아르곤 플라즈마처리 한것이 30 mm 일때 보다 cluster 크기가 작아졌으며 표면이 평탄해졌음을 보이고 있다. 위와 같은 결과는, 동일한 R.F power에서 전극사이가 가까워지면 플라즈마 밀도가 증진되어⁸⁾ 플라즈마 내에 존재하는 활성화된 입자(이온, 중성입자)들이 큰 에너지를 가지고 기판 표면에 충돌하게되어 기판표면의 원자들을 sputter 시키는 에칭효과가 증가하여 cluster 크기를 감소시키며, 감소된 cluster 크기에 의해 표면이 평탄해져 RMS값이 감소한것으로 생각된다. 또한 이와 같은 현상을 AFM 표면형상 분석결과로 부터 확인할 수 있었다. Fig. 6에 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막을 R.F power 200 W, 기판온도 상온, 전극거리 20 mm인 조건에서 아르곤 플라즈마처리 전과 후의 ESCA 분석을 나타내었으며, 분석결과 아르곤 플라즈마 처리전에 존재하지 않았던 아르곤 peak이 아르곤 플라즈마 처리 후에 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과를 볼때 아르곤 플라즈마처리시 기판 표면에 아르곤입자들이 큰 에너지를 가지고 im-

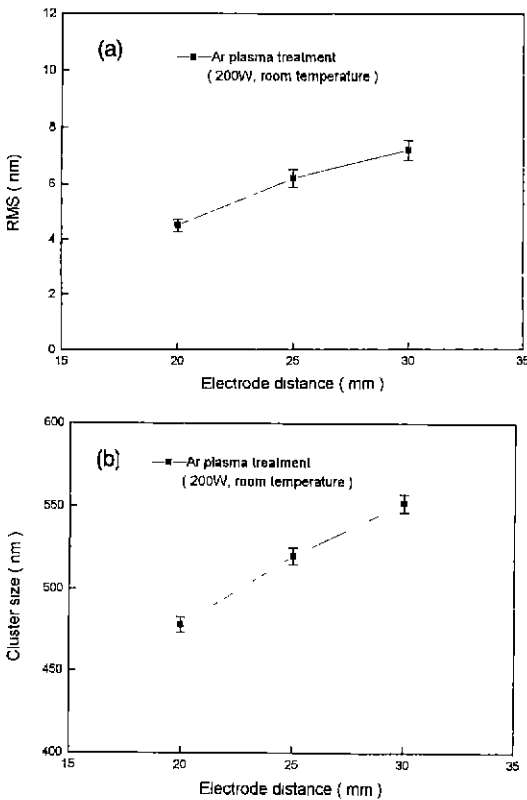


Fig. 4. Variation of RMS and cluster size after Ar plasma treatment with electrode distance at 200 W, room temperature. (a) root mean square value and (b) cluster size

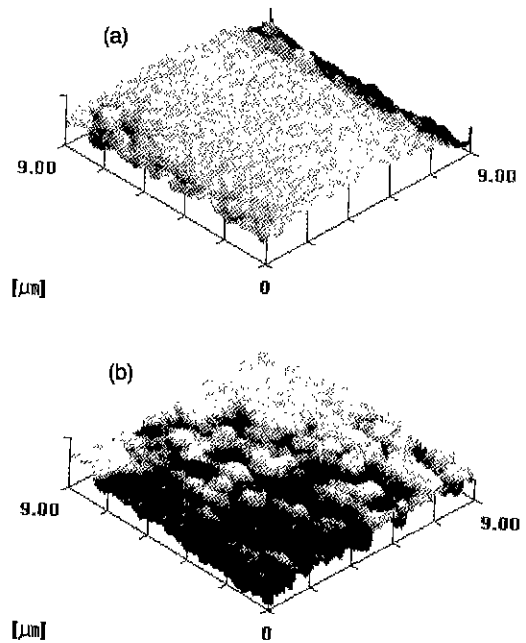


Fig. 5. AFM 3D image after Ar plasma treatment as a function of electrode distance at 200 W, room temperature. (a) 20 mm and (b) 30 mm

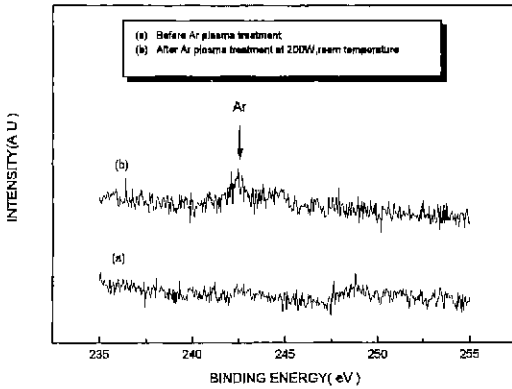


Fig. 6. ESCA analysis of Poly-Si_{1-x}Ge_x thin films before and after Ar plasma treatment.

plantation 되는 것을 알 수 있으며, 결국 이러한 아르곤 입자들에 의해 기판표면이 sputter 에칭되어 cluster 크기와 RMS값이 감소되는 것으로 생각된다. 또한 전극간 거리에 따른 아르곤 플라즈마처리 후에 Si_{1-x}Ge_x박막의 비저항값 변화를 측정할결과, as deposited 시편과 비교해 볼때 전극간 거리 20 mm 일때의 비저항값은 4($\Omega \cdot \text{cm}$)로 약간 증가하였으나 전극간거리가 멀어짐에 따라 거의 유사한값이 나타남을 알 수 있었다. Fig. 7에 Si_{1-x}Ge_x박막을 R.F power 200 W, 기판온도 상온, 전극거리 20 mm인 조건에서 아르곤 플라즈마처리 전과 후의 TEM 분석결과를 나타냈다. 그림에서 보는바와 같이 halo 형태의 회절패턴이 나타났으며, 아르곤 플라즈마처

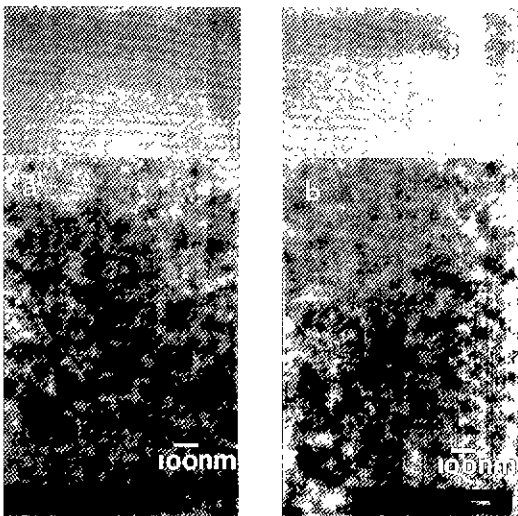


Fig. 7. TEM micrograph and diffraction pattern before and after Ar plasma treatment. (a) as-deposited Si_{1-x}Ge_x film and (b) after Ar plasma treatment at 200 W, room temperature, 20 mm

리 후에 (111), (220), (311) 회절패턴을 제외한 나머지 회절패턴이 희미해졌음을 알 수 있었다. 이러한 결과를 종합해 볼때, 아르곤 플라즈마처리시 전극간의 거리가 가까워지면 아르곤 입자들의 기판 충돌에너지가 증가하여 기판에칭 효과 증대에 의해 cluster 크기가 감소되므로 표면거칠기값은 감소시킬 수 있으나, 플라즈마 손상에 의한 표면 비정질화 등에 의하여 비저항값은 증가하는 것으로 사료된다.

3.3. 압력의 영향

Fig. 8에 RF power 200 W, 기판온도 상온인 조건에서 각각의 압력(0.3, 1, 2 torr)에 따른 아르곤 플라즈마처리를 수행한 후, AFM으로 측정된 Si_{1-x}Ge_x 박막의 표면거칠기값과 cluster 크기 변화를 나타내었으며, 그림에서 보는바와같이 압력이 증가함에 따라 RMS 값과 cluster 크기가 감소함을 알 수 있었다. Fig. 9에 압력 0.3 torr와 2 torr인 조건에서 아르곤 플라즈마처리 후, Si_{1-x}Ge_x박막의 표면형상을 AFM 3D image 로 나타내었다. 그림

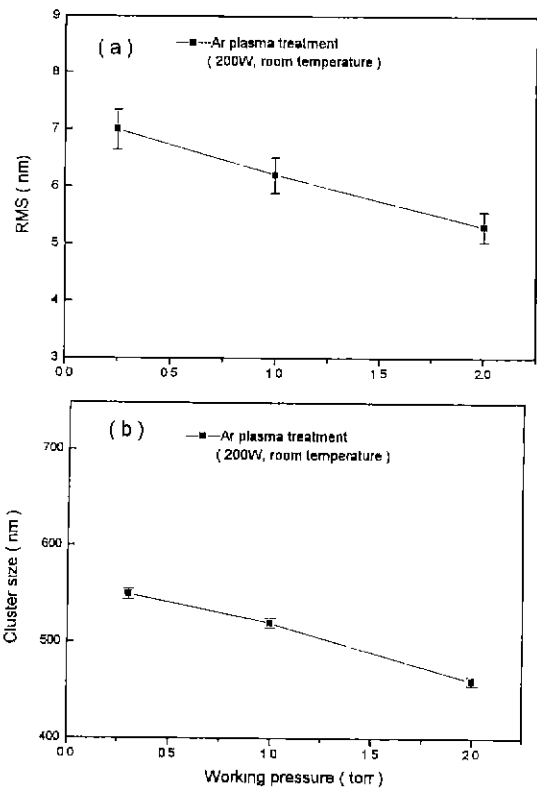


Fig. 8. Variation of RMS and cluster size after Ar plasma treatment with working pressure at 200 W, room temperature. (a) root mean square value and (b) cluster size

에서 보는바와같이 압력이 0.3 torr인 조건 보다는 2 torr인 조건에서 아르곤 플라즈마처리 한것이 cluster 크기가 작아졌으며 표면형상이 평탄해졌음을 보이고있다. 일반적으로, 반응관 내에 압력이 낮아지면 가스 입자수가 작아져 플라즈마 내에서 입자 상호간의 충돌 빈도수가 적어 평균자유행로가 길어 큰에너지를 가지고 기판에 충돌할 수 있으나, 압력이 증가함에 따라 입자 상호간의 충돌 빈도수가 증가하게 되어 입자의 평균자유행로가 짧아져 기판 충돌에너지를 감소시키는 원인이 된다.⁹⁾ 그러나 Fig. 8, 9의 결과를보면 낮은압력 보다는 증가된 압력에서 cluster 크기와 RMS값이 감소하였는데 이것은 낮은압력에서는 입자의 투사 에너지가 높고 수직 투사되어 sputtering 효과보다는 이온주입 경향이 강하며, 증가된 압력에서는 입자의 투사에너지가 낮고 모든 방향으로 투사되어 sputtering 효과가 강하기 때문에 cluster 크기와 표면거칠기를 감소시킨 원인으로 사료된다. 또한 처리압력 변화에 따른 Si_{1-x}Ge_x박막의 비저항값 변화를 살펴본결과, as-deposited 시편에 비해 압력 증가에 따라 비저항값이 약간씩 증가하는 경향이 나타남을 알 수 있었다.

3.4. 시간의 영향

Fig. 10에 RF power 200 W, 기판온도 상온, 압력 1

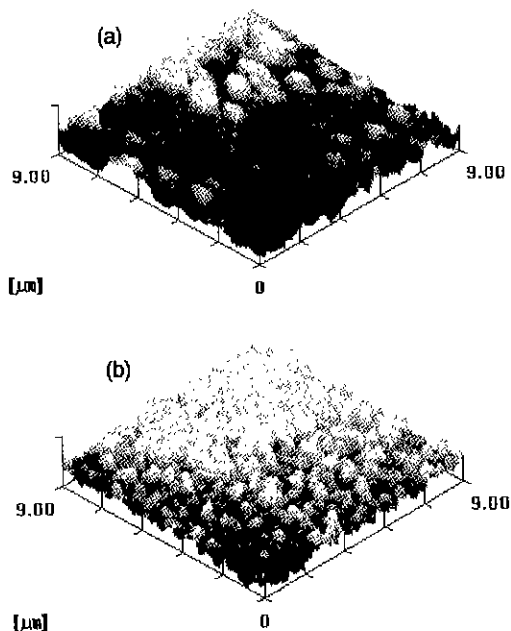


Fig. 9. AFM 3D image after Ar plasma treatment as a function of working pressure at 20 W, room temperature. (a) 0.3 torr and (b) 2 torr

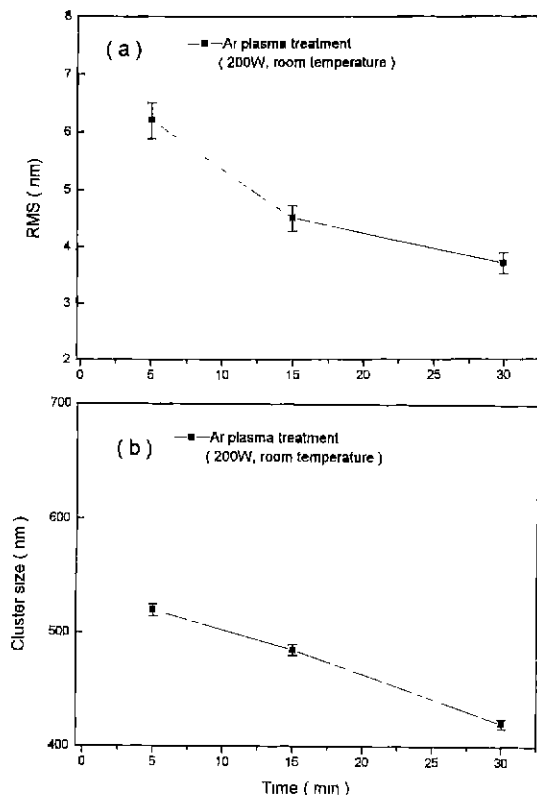


Fig. 10. Variation of RMS and cluster size after Ar plasma treatment with time at 200 W, room temperature. (a) root mean square value and (b) cluster size

torr에서 아르곤 플라즈마처리 시간(5, 15, 30 min)에 따른 Si_{1-x}Ge_x박막의 RMS값과 cluster 크기의 변화를 나타내었다. 그림에서 보는바와 같이 5분에서 15분, 30분으로 아르곤 플라즈마처리 시간이 증가할수록 RMS값과 cluster 크기는 감소하는 경향을 보이고 있다. 이와같은 이유는 각각의 처리시간에서 충돌에너지는 같지만 시간이 증가할수록 입자들의 기판 충돌빈도수가 증가하여 표면 에칭효과를 증진시키므로 RMS값과 cluster 크기를 감소시키는 것으로 사료되며 이와같은 현상은 Fig. 11의 AFM 3D image의 표면형상 변화로부터 확인할 수 있었다. 또한 아르곤 플라즈마처리 시간에 따른 Si_{1-x}Ge_x박막의 비저항값 변화를 살펴본결과, 아르곤 플라즈마처리 시간이 증가함에 따라 비저항값이 약간씩 증가함을 알 수 있었으며 이와같은 현상은 처리시간 증가에따른 입자들의 기판표면 충돌빈도수가 증가하여 표면 비정질화에 의해 나타난 결과로 생각된다.

이상과같은 실험결과를 통해 아르곤 플라즈마처리 후, 기판의 비저항값에 크게 영향을 미치지 않으며 표

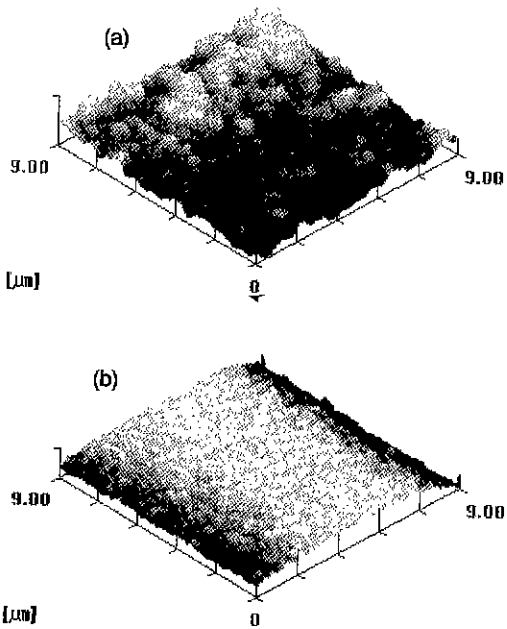


Fig. 11. AFM 3D image after Ar plasma treatment as a function of time at 200 W, room temperature. (a) 5 min and (b) 30 min

면거칠기를 감소시킬 수 있는 조건은 전극거리 25 mm, 압력 1 torr, 시간 5 mm임을 알 수 있었으며 이와 같은 조건으로 고정시킨 후 기판온도와 R.F power를 변화시켰다.

3.5. 기판온도와 R.F power의 영향

Fig. 12에 기판온도와 R.F power 변화에 따른 아르곤 플라즈마처리 후 측정된 Si_{1-x}Ge_x박막의 RMS값을 나타

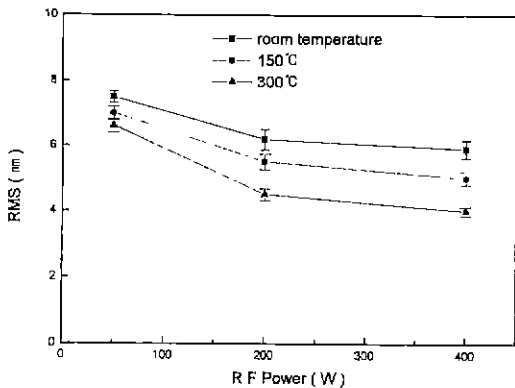


Fig. 12. Variation of RMS after Ar plasma treatment with R.F power & substrate temperature.

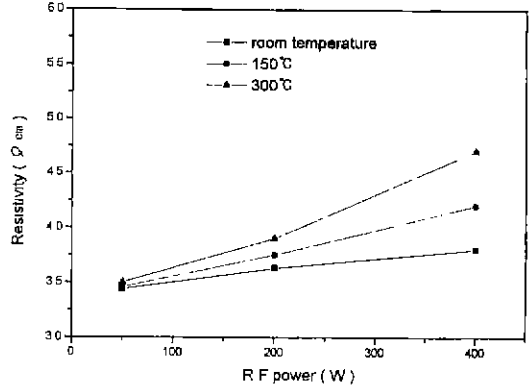


Fig. 13. Variation of Resistivity after Ar plasma treatment with R.F power & substrate temperature.

내었다. 그림에서 보는바와 같이 각각의 기판온도에서 R.F power가 증가함에 따라 RMS값이 감소함을 알 수 있다. 각각의 온도에서 R.F power 증가에 따른 RMS값의 감소는 R.F power 증가에 따라 기판표면의 sheath electric field가 증가하여 높은 에너지를 가진 입자가 기판표면에 충돌하여 표면에칭 효과를 더욱 증진시켜¹⁰⁾ RMS값이 감소한것으로 생각된다. 또한 각각의 R.F power에서 기판온도가 증가함에 따라 RMS값이 감소하였다. 이와같은 결과는, 기판온도가 증가함에 따라 결정 격자의 진동이 증가하게 되어 격자원자들간의 결합에너지가 감소하게 되며, 이와같은 격자원자들에 에너지를 갖고있는 입자들이 충돌하게되므로 기판표면의 격자원자들이 쉽게 sputter되어 나타난것으로 생각된다⁷⁾. Fig. 13에 기판온도와 R.F power 변화에 따른 아르곤 플라즈마처리 후 측정된 Si_{1-x}Ge_x박막의 비저항값을 나타내었다. 그림에서 보듯이 기판온도와 R.F power가 증가함에 따라 비저항값이 증가함을 알 수 있는데 이와같은 결과는 결국, 기판온도와 R.F power 증가에 따른 에너지를 가진 입자들에 의한 표면손상에 의해 나타난것으로 사료된다.

4. 결 론

1. 아르곤 플라즈마처리시 전극사이의 거리가 가까워지면 플라즈마 밀도가 증진되어 활성화된 입자들이 큰 에너지를 가지고 기판표면에 충돌하게 되어 표면원자들의 에칭효과에 의해 cluster 크기와 RMS값이 감소하였으며, 이러한 에칭효과로 인한 표면손상의 원인에 의해 비저항값이 증가하였다.

2. 아르곤 플라즈마처리시 압력증가와 시간이 길어짐에 따라 cluster 크기와 RMS값이 감소하였으며, 비저항

값이 증가함을 알 수 있었다. 또한 기판온도와 R.F power가 증가함에 따라 RMS값은 감소하였으나 비저항 값은 증가함을 알 수 있었으며, 이러한 원인은 R.F power 증가에 따른 아르곤 플라즈마내에서의 입자에너지 증가와, 기판온도 증가에 따른 격자원자들간의 결합 에너지 감소에 의해 나타난것으로 생각된다.

3. 아르곤 플라즈마처리시 에너지를 갖고있는 입자들이 표면 원자들을 sputter 에치 시켜 결정립들의 집합체인 cluster의 높이 및 크기를 감소 시킴으로서 표면거칠기가 개선됨을 알 수 있었다.

4. 실험결과, 본 장비에서는 전극거리 25 mm, 압력 1 torr, 처리시간은 5분, 기판온도와 R.F power가 감소된 조건이 아르곤 플라즈마처리 후 $Si_{1-x}Ge_x$ 박막의 비저항 값을 크게 변화시키지 않으며 표면거칠기가 개선될 수 있는 최적의 조건임을 알 수 있었다.

REFERENCES

1. T. J. King and K. C. Saraswat, "PMOS Transistors in LPCVD Polycrystalline Silicon- Germanium Films," *IEEE Electron device letters*, **12**, 584 (1991).
2. T. J. King and K. C. Saraswat, "Polycrystalline Silicon-Germanium Thin-Film Transistors," *IEEE Trans. electron devices*, **41**, 1581 (1994).
3. T. Yamanaka, "Correlation Between Inversion Layer Mobility and Surface Roughness Measured by AFM," *IEEE Electron device letters*, **17**, 178 (1996).
4. H. Uchida, K. Takechi, S. Nishida and S. Kaneko, "High-Mobility and High-Stability a-Si:H Thin Film Transistors with Smooth SiN_x/a -Si Interface," *Jap. J. of Appl. Phys.*, **30**, 3691 (1991).
5. C. Y. Chang, "Fabrication of Thin Film Transistors by Chemical Mechanical Polished Polycrystalline Silicon Films," *IEEE Electron device letters*, **17**, 100 (1996).
6. D. B.Graves, "Plasma Processing," *IEEE Trans. on Plasma Sci.*, **22**, 31 (1994).
7. J. H. Comfort, L. M. Garverick and R. Reif, "Silicon surface cleaning by low dose argon-ion bombardment for low-temperature (750°C) epitaxial silicon deposition," *J. Appl. Phys.*, **62**(8), 3388 (1987).
8. L. Shizhi, "Plasma chemistry and Plasma Processing 4," pp.147, (1984).
9. W. Kern, "Handbook of semiconductor wafer cleaning technology," pp 92, by NP noyes.
10. C. B Zarowin, "Plasma Etch Anisotropy-Theory and Some Verifying Experiments relating Ion Transport, Ion Energy and Etch Profiles," *J Electrochem. Soc.*, **130**, 1144 (1983).