

## 고주파 마그네트론 스퍼터링으로 제조한 SiO<sub>2</sub> 절연박막의 구조분석 및 절연저항에 관한 연구

박태순, 이성래\*

고려대학교 재료공학부

### Insulation Properties and Microstructure of SiO<sub>2</sub> Film Prepared by rf Magnetron Sputtering

T. S. Park and S. R. Lee

Division of Materials Science and Engineering, Korea University

#### Abstract

We have investigated insulating properties of SiO<sub>2</sub> interlayer for the thin film strain gauge, which were prepared by RF magnetron sputtering method in various deposition conditions, such as Ar pressure, gas flow rates and sputtering gases. SEM, AFM and FT-IR techniques were used to analyze its structures and composition. As the Ar pressure and the flow rate increased, the insulating interlayer showed low insulating resistance due to its porous structure and defects. Oxygen deficiency in SiO<sub>2</sub> was decreased as fabricated by hydrogen reactive sputtering. We could enhance the surface mobility of sputtered adatoms by using Ar/H<sub>2</sub> sputtering gas and obtain a good surface roughness and insulating property. The optimum insulating resistance of 9.22 GΩ was obtained in Ar/30 % H<sub>2</sub> mixed gas, flow rate 10 sccm, and 1 mTorr.

#### 1. 서 론

최근에는 비정질 합금, 금속 초미립자<sup>1, 2)</sup>, 합금박막<sup>3, 4)</sup> 등의 새로운 센서용 소재들이 개발되고 있다. 이 중 합금박막은 반도체 기술과 결부되어 센서 기능의 향상과 응용 범위의 확대를 가져오고 있다. 이와 같은 센서의 박막화는 공간적 효율성을 높이고 센서의 신뢰성이나 생산성의 향상에도 우수한 특성

을 보인다. 그러므로 현재 상용화되고 있는 압력센서용 포일형 스트레인 게이지를 박막화 하려는 연구가 진행되고 있다.<sup>5, 6)</sup>

박막형 스트레인 게이지용 중간절연층 재료로는 고분자이며, 절연성이 우수하고 표면이 균질한 폴리이미드<sup>6, 7)</sup>와 절연성은 다소 떨어지지만 제조공정이 용이한 세라믹 절연층인 SiO<sub>2</sub><sup>7)</sup>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>8)</sup> 등의 단일 세라믹 재료와 crack과 수직방

향으로 기공의 성장을 억제하여 세라믹 절연층의 절연성을 향상시킨  $Al_2O_3$ - $MgO$ - $Al_2O_3$ ,<sup>5, 9)</sup>  $Al_2O_3$ - $SiO_2$ - $Al_2O_3$ <sup>11)</sup> 등의 다층 세라믹 재료들이 사용되고 있으며, 각각의 중간 절연층의 장·단점을 Table 1에 정리하였다.

본 연구의 목적은 금속박막 스트레인 게이지형 압력센서의 수압부 구조 중에 스테인레스강 다이어프램과 금속 저항체(스트레인게이지) 사이의 중간절연층 개발에 있다. 중간 절연층 재료가 갖추어야 할 조건은 첫째 기판인 다이어프램과 금속 저항체 사이의 부착력이 좋아야 하며, 둘째 절연저항이 크고, 셋째 수압부의 다이어프램에 인가된 압력을 금속 저항체에 그대로 전달해줄 수 있어야 한다.

본 연구에서는 저온공정과 연속공정에 적합한 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여  $SiO_2$  박막을 증착하였으며, 증착압력의 변화, 증착가스의 유입량 및 스퍼터링 가스를 변화에 따른 각각의 제조조건에서 제작한  $SiO_2$  박막의 구조분석과 전기적 절연저항 특성을 조사하였다.

Table 1. Comparison of various insulating films

종류	장점	단점			
고분자 Polyimide	우수한 절연특성 Smoothing 효과	제조 복잡 사용온도 제약			
세라믹 $SiO_2$ $Si_3N_4$ $Al_2O_3$	제조 용이 사용온도 범위가 크다	낮은 절연성			
			다층막 $Al_2O_3/MgO/Al_2O_3$ $Al_2O_3/SiO_2$	우수한 절연특성 사용온도 범위가 크다	제조 복잡

## 2. 실험 방법

### 2.1. 시편제작

본 연구에 사용된  $SiO_2$  절연체 박막은 Pure Tech사의 순도 99.995%, 지름 3 inch 그리고 두께 1/4 inch 의  $SiO_2$  타겟트를 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 상온에서 박막을 증착하였다. Rotary vane pump와 Turbo molecular

pump를 사용하여 고진공( $\sim 10^{-7}$  torr)을 유지하고 스퍼터링 가스로는 순도 99.999 %의 Ar, 순도 99.999 %의  $O_2$ 와 순도 99.9 %의  $H_2$ 를 사용하여 반응성 스퍼터링을 하였고 vent용 가스로는 순도 99.9 %의  $N_2$ 를 사용하였다.

$SiO_2$  박막의 절연저항 측정용 시료는 실제 금속 박막형 스트레인 게이지의 수압부에 사용되는 SUS 630 다이어프램을 연마 열처리하여 사용하였다.<sup>10)</sup>  $SiO_2$  절연체 박막의 증착 조건과 변수는 박막증착압력을 1 mTorr에서 10 mTorr까지 변화시켰으며, 스퍼터링 가스 주입량은 10 sccm과 20 sccm, 스퍼터링 가스는 100 %Ar, 70 %Ar+30 % $H_2$ , 70 %Ar+30 % $O_2$ , 그리고 박막의 두께를 0.85  $\mu m$ 에서 6.0  $\mu m$ 까지 변화하면서 다양한 조건에서의  $SiO_2$  절연체 박막을 증착하였으며, 이렇게 증착된 박막은 다양한 구조 분석과 절연저항 특성을 조사하였다.

### 2.2 구조 및 절연저항 분석

모든 구조 분석용 시료의 두께는 Stylus ( $\alpha$ -STEP)을 사용하여 측정하였고, 박막의 단면과 구조 관찰은 주사전자현미경(SEM), 박막의 표면 형상과 표면 거칠기 측정은 원자력현미경(AFM)을 이용하였으며, 박막의 화학양론비는 적외선 분광법(FT-IR)과 러더포드 후방산란 분광법(RBS)으로 측정하였다. 또한 박막의 내부 응력은 LONG SCAN PROFILER로 측정하였다.

절연저항의 측정은 Fig. 1<sup>11)</sup>과 같은 시편을 제작하여 각각의 시편에 DC 전압을 1 V에서 30 V까지 1 V씩 인가하였으며 전류의 측정은 전압 인가 후 약 30 초 정도 지난 후에 측정하였다.

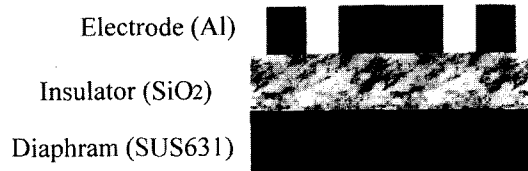


Fig. 1 Schematic cross-sectional view of sample.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 Ar 분압과 두께에 따른 SiO<sub>2</sub> 박막의 절연저항 변화

Fig. 2는 상온에서 Ar 주입량을 10 sccm으로 하고 증착한 SiO<sub>2</sub> 절연 박막의 Ar 분압에 따른 절연저항의 변화를 나타낸 것이다. Ar 분압이 1 mTorr에서 증착한 시편은 30 V에서 459 MΩ의 절연저항값을 나타내고있는 반면 2 mTorr에서 증착한 시편은 30 V에서 116 MΩ의 절연저항을 나타내어 1 mTorr에서 증착한 박막이 약 4.5배정도 높은 절연저항값을 나타내어 Ar 분압이 2 mTorr보다 1 mTorr에서 증착하는 것이 더욱 얇고 높은 절연저항값을 갖는 양질의 박막을 얻을 수 있고, Ar 분압이 5 mTorr에서 증착한 시편은 30 V에서 4.3 MΩ의 절연저항값을 나타내고 있는 반면 1 mTorr에서 증착한 박막은 두께가 340 nm 얇지만 30 V에서 459 MΩ의 절연저항을 나타내어 1 mTorr에서 증착한 박막이 약 100배정도 높은 절연저항값을 나타내어 Ar 분압이 5 mTorr보다 1 mTorr에서 증착하는 것이 더욱 얇고 높은 절연저항값을 갖는 양질의 박막을 얻을 수 있다.

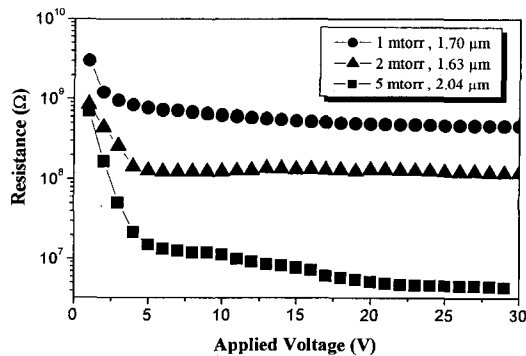


Fig. 2 Resistance of SiO<sub>2</sub> films as a function of applied voltage with different Ar pressures. Flow rate of Ar was 10 sccm.

그리고 인가전압에 따른 초기 (1~5 V, DC) 절연저항의 감소량은 1 mTorr는 74%, 2 mTorr는 84%, 5 mTorr에서는 98%를 나타내므로 5 mTorr에서 증

착한 시편보다 1 mTorr에서 증착한 시편이 더욱 치밀하고 결함 등이 적은 박막으로 성막 된 것으로 사료된다.

Fig. 3은 Ar 주입량을 10 sccm으로 증착한 SiO<sub>2</sub> 절연박막의 Ar 분압에 따른 산소의 조성 변화를 적외선 분광법(FT-IR)으로 관찰한 결과이다. 모든 Ar 분압에서 여러 논문<sup>12-17</sup>에서 보고되고 있는 SiO<sub>2</sub>의 주 피크의 위치 (1075/cm)에서 동일하게 주 피크가 형성되었고, 주 피크의 분포는 SiO 피크인 1000/cm와 Si<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 피크인 1045/cm에 걸쳐 넓게 형성된 것으로 보아 박막 형성시 상당량의 산소 결핍이 발생된 것으로 사료된다. 이와 같은 산소의 결핍으로 인하여 화학기상증착법으로 제작한 시료에서 나타나는 수백 GΩ 이상의 절연저항 보다 작은 수백 MΩ 정도의 절연저항값을 갖는다. 그러나 각 분압에 따른 적외선 분광곡선의 주 피크 위치와 반가폭이 동일하여 모든 시편의 화학양론비는 동일한 것으로 사료된다. 또한, 러더포드 후방산란 분광법(RBS)을 이용하여 각 박막의 산소의 조성을 분석한 결과, 모든 박막이 동일한 화학양론비를 갖고 있는 것을 확인하였다. 그러므로 증착도중 분압변화에 의한 산소 결핍량의 변화는 발생되지 않았다.

Fig. 4는 Ar 주입량을 10 sccm으로 증착한 SiO<sub>2</sub>

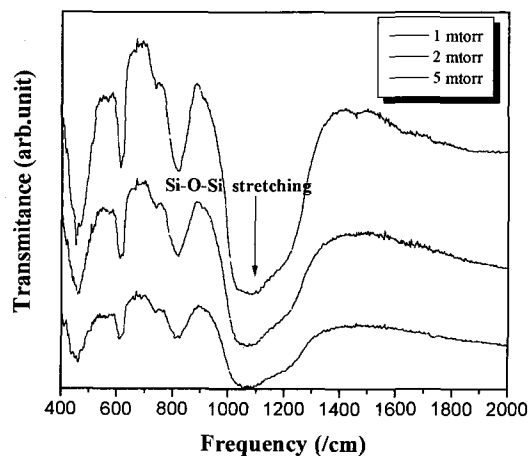
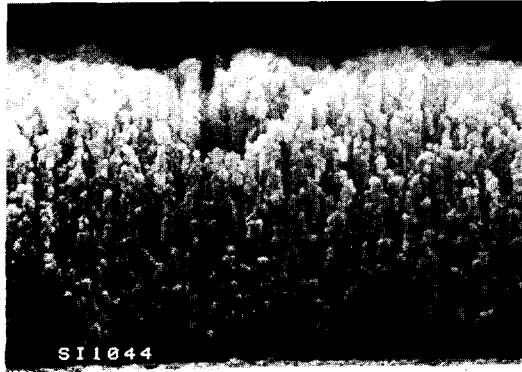
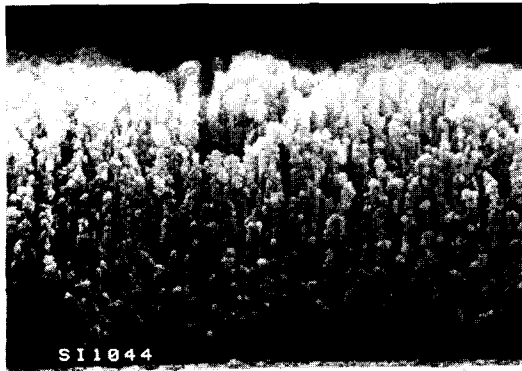


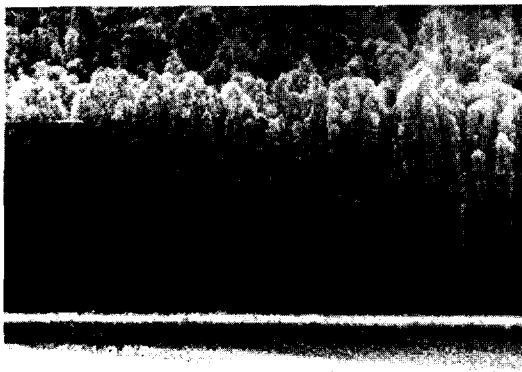
Fig. 3 FT-IR spectra of SiO<sub>2</sub> films with different Ar pressures. Flow rate of Ar was 10 sccm.



(a) 1 mTorr



(b) 2 mTorr



(c) 5 mTorr

Fig. 4 Cross-sectional SEM micrographs of  $\text{SiO}_2$  films deposited at various Ar pressures. Flow rate of Ar was 10 sccm.

절연박막의 Ar 분압에 따른 구조의 변화를 주사전 자현미경 (SEM) 으로 박막의 단면을 관찰한 결과이다. 증착 압력이 증가할수록 Thornton의 Structure Zone Model<sup>29)</sup>에서와 같이 박막의 미세구조는 증착 압력이 낮은 경우의 치밀한 구조의 박막이 형성되며, 증착압력이 높아질수록 증착되는 원자의 shadow effect가 증가하게 되므로 열린 계면이 많아지며 주상정 형태의 박막이 형성된다. 그러므로 1 mTorr에서 증착한 박막은 주상정 결정으로 성장하는 것을 볼 수 있으며, 결정이 성장하는 도중 주상정 결정이 끊어지면서 주상정 결정과 주상정 결정 사이의 공간에 또 다른 주상정 결정이 성장하게 되어 매우 치밀한 박막의 구조로 성장되었음을 확인하였다. 반면 5 mTorr에서 증착한 박막은 1 mTorr, 2 mTorr에서 증착한 박막과는 달리 주상정 결정이 끊어지지 않고 끝까지 하나의 주상정 결정으로 성장한 것을 볼 수 있다. 이와 같이 각각의 주상정이 끊어지지 않고 하나의 주상정 결정으로 성장하면서 주상정 결정과 주상정 결정사이에 약 20~30 nm정도의 공간(void)이 형성 되어있음을 확인할 수 있었다. 이러한 공간들은 이후 공정인 압저항체 또는 전극 형성 박막 공정 시에 금속 스퍼터링 입자들의 침투에 의하여 열린 계면 형태가 되어 박막에 전류를 인가하였을 때 이러한 공간으로 누설전류가 흘러 절연특성을 저하시키는 것으로 사료된다. 그러므로 Ar 분압에 따른  $\text{SiO}_2$  절연박막의 절연 특성은 산소조성의 변화보다는 박막구조의 변화에 의해 절연특성이 영향을 받는 것으로 보인다.

### 3. 2 Ar 주입량에 따른 $\text{SiO}_2$ 박막의 절연저항과 구조의 변화

Fig 5는 상온에서 Ar 분압을 5 mTorr로 증착한  $\text{SiO}_2$  박막의 Ar 주입량에 따른 절연저항의 변화를 나타냈다. Ar 주입량을 20 sccm 으로 증착한 1.96  $\mu\text{m}$ 두께의 시편은 인가전압 30 V에서 997 k $\Omega$ 의 절연저항값을 나타내었다. Ar 주입량을 10 sccm으로 증착한 시편은 20 sccm에서 증착한 시편과 비슷

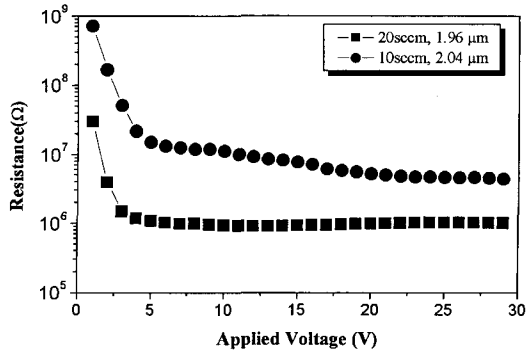


Fig. 5 Resistance of SiO<sub>2</sub> films as a function of applied voltage rate. Ar pressure was 5 mTorr.

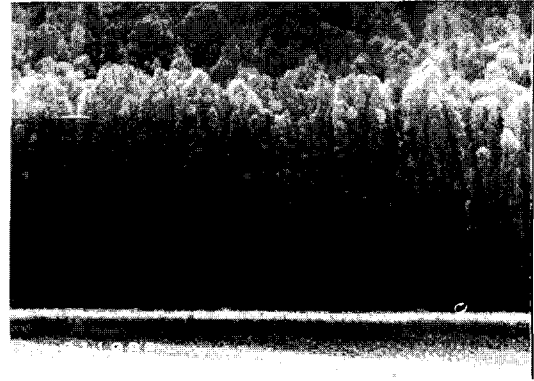
한 2.00 μm 두께이지만 절연저항은 약 4.3배 정도 높은 4.3 MΩ의 절연저항값을 나타내었다.

Fig. 6은 Ar 분압을 5 mTorr로 증착한 SiO<sub>2</sub> 박막의 Ar 주입량에 따른 주사현미경 사진이다. Thornton의 Structure Zone Model<sup>25)</sup>에서 예측할 수 있듯이 10 sccm에서 증착한 것이 20 sccm에서 증착한 시편보다 Ar의 주입량이 작아 진공 챔버 내부의 Ar 가스의 흐름이 적게되어 스퍼터된 원자와 가스원자 간의 충돌 확률의 감소로 그림자 효과가 감소하여 치밀한 박막구조가 형성된 것으로 사료된다. 그러므로 20 sccm에서 증착한 시편에서 더욱 많은 누설전류가 흐를 것으로 예상되며, 이로 인해 Fig 5의 절연저항 변화곡선에서 보여지는 것처럼 절연저항값이 작게 나타나는 것으로 사료된다.

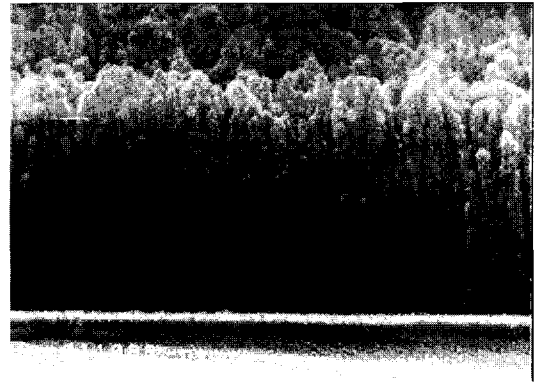
따라서 Ar 주입량에 따른 절연저항의 결과로 보아 Ar 주입량이 20 sccm보다 10 sccm에서 SiO<sub>2</sub> 절연박막을 제작하는 것이 얇고 결함 등이 적은 우수한 절연저항을 갖는 박막을 얻을 수 있다.

### 3.3 스퍼터링 가스 종류에 따른 SiO<sub>2</sub> 박막의 조성 과 구조의 변화

일반적인 스퍼터링 방법으로 SiO<sub>2</sub> 박막을 제작할 경우 Ar 가스만을 사용해서 Ar 스퍼터링을 한다. Ar 가스를 주입해서 Ar 스퍼터링으로 절연 박막을 제작할 경우 절연 박막의 구조가 치밀하지 못하고



(a) 10 sccm, 5 mTorr



(b) 20 sccm, 5 mTorr

Fig. 6 Cross-sectional SEM micrographs of SiO<sub>2</sub> films deposited at two different Ar flow rate. Ar pressure was 5 mTorr.

결정 결함을 많이 함유한 박막이 증착되며, 산소 결핍으로 인해 절연 저항 특성이 현저히 감소하고 박막의 내부응력이 크게 존재한다고 보고되었다.<sup>18-20)</sup> 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 Ar 가스에 수소 또는 산소 등을 혼합하여 사용하는 반응성 스퍼터링이 응용하여 박막을 제작하는 방법이 제기되고 있다.<sup>18)</sup> 본 연구에서는 SiO<sub>2</sub> 박막을 압력센서용 중간 절연층으로 이용하기 위해 개량된 스퍼터링 방법인 산소 및 수소 반응성 스퍼터링을 이용하였다.

Fig. 7은 스퍼터링 가스 주입량을 10 sccm으로 증착한 SiO<sub>2</sub> 절연박막의 스퍼터링 가스에 따른 박막의 구조와 산소결핍의 변화를 적외선 분광법(FT-IR)

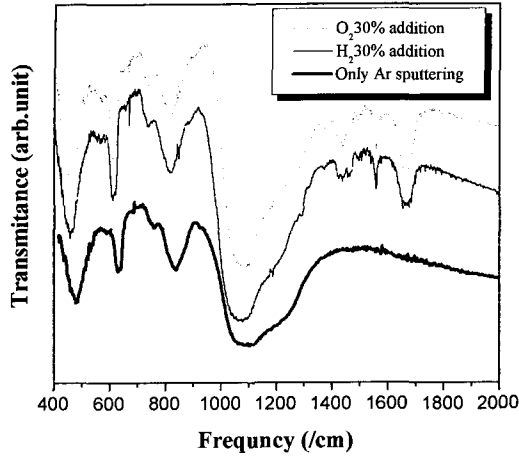
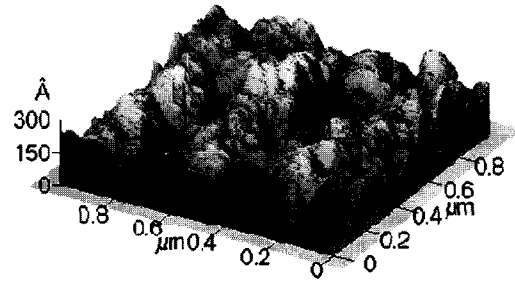


Fig. 7 FT-IR spectra of SiO<sub>2</sub> films deposited at various gas environment. Flow rate of Ar was 10 sccm.

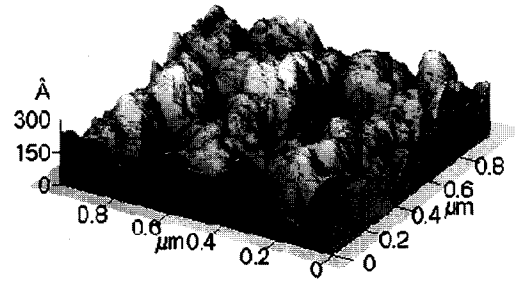
으로 관찰한 결과이다.

Ar에 산소를 30% 혼합한 스퍼터링 가스로 반응성 스퍼터링으로 제작한 시편의 적외선 분광곡선 주 피크(1075/cm) 반가폭(FWHM)이 수소를 혼합한 것과 Ar만을 사용해서 제작한 시편보다 작은 수치를 얻었다. 적외선 분광 곡선의 반가폭은 박막의 산소결핍과 구조에 대한 간접적인 정보를 제공해 준다. 그러므로, 산소를 첨가해서 제작한 시편이 Ar만을 사용해서 제작한 시편에 비해 산소결핍이 적고, 또한 박막의 구조가 치밀하다는 것을 간접적으로 알 수 있으며, 또한 Fig. 8의 원자력 현미경 이미지로 확인할 수 있다. 이와 같은 산소결핍은 절연층의 절연특성에 영향을 미치며, Fig. 9의 절연저항 곡선에서도 확인할 수 있듯이 산소를 첨가한 시편의 절연저항이 가장 높은 149 GΩ의 절연저항 수치를 얻었다. 박막의 구조는 Fig. 8의 원자력현미경 사진으로 확인할 수 있다. Ar만을 사용해서 증착한 시편의 표면 거칠기 정도 45 Å인 반면, 산소를 혼합해서 제작한 시편은 5.0 Å으로 산소를 혼합해서 절연박막을 제작하면 치밀하고 절연성이 우수한 박막을 얻을 수 있다.

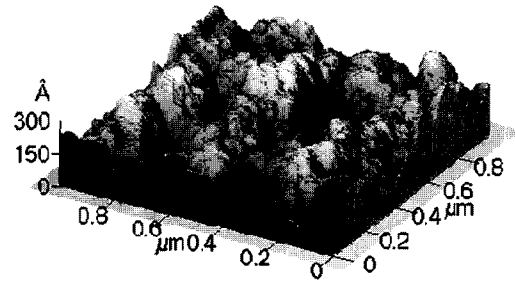
산소와 수소를 혼합해서 반응성 스퍼터링으로 제



(a) 100% Ar



(b) Ar/30% H<sub>2</sub>



(c) Ar/30% O<sub>2</sub>

Fig. 8 AFM micrographs of SiO<sub>2</sub> films deposited at various gas environment. Flow rate of Ar was 10 sccm.

작한 시편의 적외선 분광곡선의 주 피크(1075/cm)가 Ar만을 사용해서 Ar 스퍼터링으로 제작한 시편의 적외선 분광곡선의 주 피크 보다 약 25/cm 정도 낮은 수치를 나타내는데, 이는 반응성 스퍼터링으로 제작한 시편들의 산소결핍이 Ar만을 사용한 것 보다 상대적으로 작기 때문이다. 그리고, Fig. 9의 결과에서도 반응성 스퍼터링한 시편의 절연저항이 Ar

스퍼터링한 시편보다 높은 수치를 나타내고 있다.

Fig. 8은 Ar 스퍼터링한 박막과 수소·산소 반응성 스퍼터링한 박막의 표면 거칠기 정도를 원자력현미경으로 관찰한 사진이다. Ar 스퍼터링한 SiO<sub>2</sub> 절연박막은 Fig. 4 및 Fig. 6에서 본 바와 같이 많은 미세공공(micro void)들로 인해 치밀하지 못한 박막 구조로 성장되었으며, Fig. 7에서 본 바와 같이 증착도중 산소결핍이 발생하였다. 그러므로 Fig 9와 같이 절연저항 수치도 작은 값을 나타낸다.

Ar 스퍼터링으로 박막을 제작할 경우 박막의 표면에는 많은 부유결합(dangling bond)이 존재한다. 이와 같은 부유결합을 하고있는 표면 원자들에 의해 스퍼터링된 원자들이 표면에서 이동 하기 전에 표면 원자들과 결합을 하게되어 많은 미세공공들이 형성되어 치밀하지 못한 박막구조가 형성되는 것으로 사

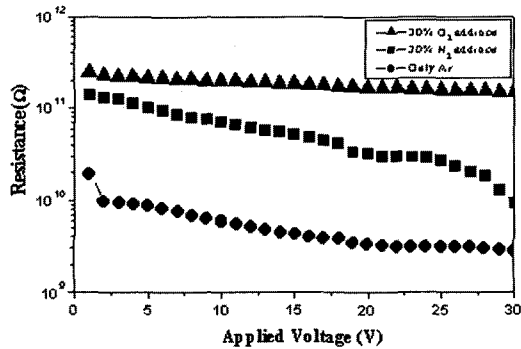


Fig. 9 Resistance of SiO<sub>2</sub> films as a function of applied voltage at various gas environments. Flow rate of Ar was 10 sccm.

료된다. 이는 Fig. 4와 6으로 확인할 수 있다.

Ar에 수소를 30% 혼합하여 반응성 스퍼터링한 SiO<sub>2</sub> 절연박막은 Fig. 8에서 보여지는 것과 같이 스퍼터링 증착 중 미세공공의 형성이 Ar 스퍼터링으로 제작한 시편보다 현저히 감소되었음을 관찰할 수 있다. 수소 반응성 스퍼터링으로 제작한 시편의 경우 혼합된 수소 원자들이 박막 표면의 부유결합을 감소시켜 스퍼터링된 원자들이 바로 박막 표면에서 부유결합하고 있는 원자들과 결합하지 않고 표면을

이동한다. 그러므로 Ar 스퍼터링으로 제작한 시편보다 미세공공이 적게 형성되고, 이로 인해 박막의 구조도 매우 치밀하게 형성된다. 또한, 혼합된 수소 원자가 SiO<sub>2</sub> 박막 표면과 내부의 Si-Si 결합과 Si-O 결합을 깨뜨림으로 인해 Si-H와 O-H 종들이 박막의 표면과 내부에 형성하게 된다.<sup>19-20</sup> 이러한 종들은 플라즈마 내로 증발되어, SiO<sub>2</sub>의 화학양론비를 조절해 주는 것으로 사료된다.

Ar에 산소를 30% 혼합하여 반응성 스퍼터링한 SiO<sub>2</sub> 절연박막은 Fig. 8에서와 같이 스퍼터링 증착 중 미세공공의 형성이 현저히 감소되었다. 산소를 혼합하여 스퍼터링한 경우에는 화학양론비를 산소 가스의 첨가로 조절해 주는 반면 수소를 혼합하여 스퍼터링한 경우에는 실리콘 제거로 조절한다.

Fig. 10은 수소 함유량에 따른 SiO<sub>2</sub> 절연박막의 내부응력의 변화를 나타내는 곡선이다. 수소를 전혀 첨가하지 않고 Ar 스퍼터링으로 증착한 박막의 내부응력은 -105 MPa 이고 수소를 첨가함에 따라 내부응력이 감소하여 수소를 20% 첨가한 경우에는 -47 MPa 이고, 30% 첨가한 경우에는 -89 MPa 의 내부응력을 나타내었다. 수소를 첨가하지 않은 경우와 첨가한 경우 모두 음의 응력을 나타내어 모두 압

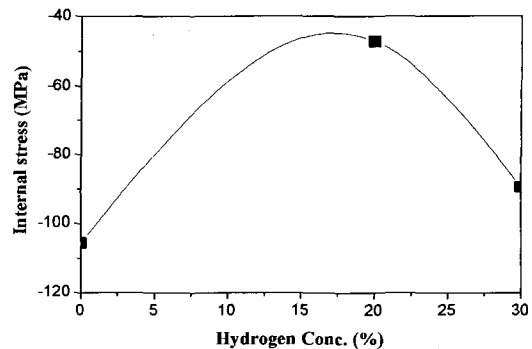


Fig. 10 Internal stress variations of SiO<sub>2</sub> films as a function of composition of Ar/H<sub>2</sub> gaseous mixture.

축응력을 받고 있었다.

Ar 스퍼터링으로 증착한 박막은 Ar+H<sub>2</sub> 반응성 스퍼터링으로 증착한 박막보다 큰 내부응력이 갖고

있다. 이는 Ar 스퍼터링 시 불활성 기체인 Ar 가스가 SiO<sub>2</sub> 박막 내부에서 어떠한 원자와도 결합하지 않고 침입형 불순물 형태로 Si-O-Si 결합구조들 사이에 존재함으로 인해 결합구조가 뒤들려서 큰 내부응력을 나타내고 있다. 그러나 Ar+H<sub>2</sub> 반응성 스퍼터링을 한 경우는 수소가 SiO<sub>2</sub> 박막 내부에 들어가 Si-O-Si 결합 구조를 파괴하고 새로이 Si-H결합 구조를 형성하며 이러한 결합들은 플라즈마 내로 증발하게 되고 Si-O-Si 결합 구조 사이에 침입형 불순물로 존재하던 Ar 가스입자들을 박막외부로 보냄으로써 박막의 내부응력을 감소시키는 것으로 사료된다.<sup>11, 26)</sup>

#### 4. 결 론

본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 증착압력, 스퍼터링 가스의 변화 그리고 스퍼터링 가스의 유입량을 변화시키면서 SUS 630 위에 증착한 SiO<sub>2</sub> 박막의 전기절연특성, 화학조성, 박막의 단면구조 그리고 표면형상을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Ar 주입량이 10 sccm에서 증착한 시편의 절연저항이 20 sccm에서 증착한 시편보다 최고 10배 정도의 높은 절연저항값을 갖는 양질의 절연박막을 얻었다. Ar 분압과 주입량에 따른 절연저항의 변화는 박막 증착도중 발생하는 산소결핍 정도의 차이보다는 박막의 구조변화에 의해서 영향을 받아 Ar 분압과 주입량이 감소할수록 절연저항이 향상되었다.

2) 반응성 스퍼터링은 기판 표면의 부유결합을 감소시켜 스퍼터링된 원자들이 표면을 이동하게 함으로써 박막의 표면 거칠기 정도가 향상되었다. 수소 반응성 스퍼터링의 경우 수소가 SiO<sub>2</sub> 박막 Si-O-Si 결합을 파괴하고 Si-H 결합을 형성하므로 Ar 원자가 박막 내부에 침입형 불순물로 존재하는 것을 방지하여 박막의 내부응력이 현저히 감소되었다

3) 증착 최적조건은 Ar과 수소의 혼합 주입량은

10 sccm이고, 수소의 혼입량은 30%, 스퍼터링 분압은 1 mTorr, 박막의 두께는 1.70 μm에서 30 V DC 전압 인가 시 절연저항은 9.22 GΩ 이었다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부 국가지정연구소 및 고려대학교 특별 연구비 지원에 의해 수행된 결과이며 연구비지원에 사의를 표하는 바이다.

#### 참고문헌

1. O. Dossel, *Sensors and Actuators*, 6, 169 (1984)
2. B. Morten, M. Prudenziati and A. Tarami, *Sensors and Actuators*, 4, 237 (1983)
3. P. Ciureanu and S. Middelhoek, "Thin Film Resistive Sensors", *Inst. of Phys. Pub.*, Ch. 3. (1992)
4. D. W. Burns and H. Guckel, *J. Vac. Sci. Tech.*, A (8), 3606 (1990)
5. K. Bethe and D. Schon, *Philips Tech. Rev.*, 39, 94 (1980)
6. H. Suzuki and M. Utsumomiya, *Technical Digest of the 9th Sensor Symposium*, 149 (1990)
7. T. Bravo, A. Tesalvi and A. Tosi, *Sensors and Actuators A*, 32, 612 (1992)
8. P. Kayser, J. C. Godefroy and L. Leca, *Sensors and Actuators, A*, 37-38, 328 (1993)
9. W. Hongye and Liu Kun, *Sensors and Actuators, A*, 35, 215 (1993)
10. A. Garcia-Alonso, X. Huiyti, E. Castario, I. Obieta and F. J. Gracia, *Sensors and Actuators, A*, 37-38, 703 (1993)
11. 민남기, 이현용 " 최신계측공학 ", 동일출판사, pp234, 1982
12. T. Nakayama, *J. Electrochem. Soc.*, 141, 237 (1994)



13. J. J. Delima and A. E. Owen, "Thin Solid Films, 195, 159 (1991)
14. 박영배, 강진규, 이시우, 한국재료학회지, 5, 706 (1995)
15. Y. K. Su and U. H. Liaw, J. Appl. Phys. 76, 4719 (1994)
16. W. A. Pliskin and H. S. Lehman, J. Electrochem. Soc, 112, 1013 (1965)
17. W. A. Pliskin, D. R. Kerr, and J. A. Perri, "Physics of Thin Films "Vol. 4, Academic press, pp 270-289, 1970
18. T. Serikawa and S. Shirai, Jpn. J. Apply. Phys. part 1, 7B, 33, 4465 (1994)
19. H. Takahashi, H. Nagata and H. Kataoka, J. Appl. Phys, 75, 2667 (1994)
20. H. Takahashi, H. Nagata and H. Kataoka, Thin Solid Films, 277, 132 (1996)