

## 반도체 소자의 표면보호용 PSG/SiN 절연막의 스트레스 거동

김영욱, 신흥재, 하정민, 최수환, 이종길  
삼성전자 반도체연구소 기반기술센터

### Stress Behavior of PSG/SiN Film for Passivation in Semiconductor Memory Device

Y. W. Kim, H. J. Shin, J. M. Ha, S. H. Choi, J. G. Lee  
R & D center, Samsung Electronics, Kyungki-Do 441-742  
San # 24 Nong Seo-Lee, Ki Hung-Eup, ZYoung In-Gun  
Kyung Ki-do, Korea

초 록 반도체 공정의 최종 보호막으로 주로 사용되는 PSG (Phosphosilicate glass), USG (Undoped silicate glass) 및 SiN 막을 CVD 방식으로 deposition 하여 각 막의 스트레스를 막 두께 또는 대기중 방치시간의 함수로 조사하고 Al 배선의 stress-migration 관점에서 평가했다. 그 결과 PSG 막과 USG 막은 tensile stress를 나타내고 두께증가에 따라 스트레스가 증가하였고, SiN 막은 두께에 관계없이 일정한 compressive stress를 나타내었다. PSG 막은 현저한 스트레스 경시변화를 보여 대기중에 방치시 2일이내로 tensile stress가 compressive stress로 변화되었다. 그 주 원인은 PSG 막의 수분 흡수 때문인 것이 FTIR 분석으로 밝혀졌고, 300°C에서 20분간 anneal 처리로  $2.5 \times 10^9$  dyne/cm<sup>2</sup>의 스트레스 회복이 가능하였다. PSG 막이 포함된 복합막의 경우, 복합막 stress는 PSG 막의 방치시간에 따라 변한다. 즉, 복합막의 스트레스는 복합막을 구성하고 있는 막들의 두께의 함수이다. 또 SiN 막의 강한 압축응력을 완화시켜주는 PSG, USG 막의 스트레스가 큰 인장응력을 나타낼수록 Al 배선의 stress-migration에 대한 저항은 커진다.

**Abstract** The stress of PSG (Phosphosilicate glass), USG (Undoped-silicate glass) and SiN films, which are mainly used as passivation layers in semiconductor memory devices, deposited by CVD methods has been studied as a function of film thickness and holding time in air. The stress of the PSG film or the USG film is increased in tensile state with increasing film thickness. On the other hand the stress level of the SiN film in compressive stress does not change as film thickness changes. The stress of PSG film shows the drastic change from the tensile stress to the compressive stress after the film is left 2 days in air. FTIR spectra indicated that the stress variation was due to the penetration of water molecule. It looks possible to recover the stress of about  $2.5 \times 10^9$  dyne/cm<sup>2</sup> by annealing treatment at 300°C for 20 min. The total stress of multi-layered films having the PSG film is determined mainly by the stress variation of PSG layer with holding time. The total stress of multi-layered film appears to have a functional relationship with the stress in the thickness of each film. The resistance against stress-migration of sputtered Al line increases with increasing the tensile stress for the PSG film or the USG film.

### I. 서 론

반도체 소자의 표면보호(passivation)막은 소자의 장기간의 내적 외적 영향에 대해 높은 신뢰성

을 확보하기 위해 사용되는 막으로서, SiO<sub>2</sub>에 P를 doping 한 PSG(phosphosilicate glass)막과 SiN 막이 주로 사용되고 있다. PSG막은 막 응력을 완화시켜 crack 발생을 감소시키고 막중의 Na<sup>+</sup>ion

의 gettering 효과를 갖고 있으며, SiN막은 강도가 커서 조립(package)시 crack 발생을 억제시키며 내습성도 매우 우수하다.

표면보호막 하부에 적용되는 배선재료는 주로 Al이며 PN 접합부의 ohmic contact 향상과 electromigration의 방지를 위해 Si과 Cu를 수 % 씩 첨가시켜 사용되고 있다. 그러나 최근 반도체 소자의 고집적화로 배선의 폭과 간격이 좁아지면서, Al 배선의 stress migration(이하 S/M으로 표기)과 표면보호용 절연막에서의 crack 등 표면보호막의 스트레스(stress)가 소자의 신뢰성을 저하시킨다. S/M은 금속 배선 위에 표면보호막의 압축응력과 표면보호막 형성시의 고온으로 인한 배선의 인장응력에 의해 배선이 과단되는 현상이며 배선폭이 작아지면서 더욱 가속된다. SiN막등에서의 local cracking은 tension하에 있는 절연막이 보호막공정의 전후 공정과도 밀접한 관계가 있고 device의 신뢰성과 직접 관계하고 있어 스트레스의 감소를 위한 연구가 필요하다. 이와같이, 표면보호막의 스트레스는 보호막공정의 전후 공정과

도 밀접한 관계가 있고 device의 신뢰성과 직접 관계하고 있어 스트레스의 감소를 위한 연구가 필요하다. 그러나 각 막의 스트레스가 막 형성방식 및 형성조건에 따라 달라지므로 절대적인 평가의 어려움때문에 단일막 및 복합막의 스트레스 거동을 체계적으로 보고한 연구는 적다.

본 연구에서는 임의의 막 형성조건하에서 얻어진 PSG, USG(Undoped Silicon Glass), SiN 막 등 절연막의 단일막 및 복합막의 스트레스를 막두께, 경시변화, 열처리효과등의 측면 조사하고 이를 S/M 관점에서 비교평가함을 주 목적으로 하였다.

## II. 실험 방법

표면보호막의 스트레스 측정을 위한 시료는 6인치 silicon 웨이퍼위에 직접 일정 두께의 PSG, USG, SiN 막을 단일막 또는 복합막으로 형성하여 준비했다. 이때 각 막의 형성방식은 PSG, USG 막의 경우는 AP-CVD 방식, SiN막은 PE-CVD 방식을 적용하였으며 각 공정조건은 Table 1과 같다. 막의 스트레스값은 Newton ring 법에 의해

Table1. Deposition conditions of PSG, USG and SiN Films

(\*O<sub>3</sub> conc.:4%, Gas flow:sccm)

Film	PSG		USG	SiN
	SiH <sub>4</sub> based AP-CVD	O <sub>3</sub> -TEOS based AP-CVD	O <sub>3</sub> -TEOS based AP-CVD	PE-CVD
CVD type				
Depo. cond.	SiH <sub>4</sub> :40 PH <sub>3</sub> :46 O <sub>2</sub> :500 400°C	TEOS:3000 TMOP:700 O <sub>2</sub> +O <sub>3</sub> :7500* 400°C	TEOS:3000 O <sub>2</sub> +O <sub>3</sub> :7500* 420°C	NH <sub>4</sub> :1500 SiH <sub>4</sub> :300 N <sub>2</sub> :750 400°C RF HF:0.45KW LF:0.65KW Press.:3Torr

계산되는 모델명 FLEXUS 인 장비를 사용해서 구하였다. PSG막의 경우 anneal 효과를 조사하기 위해 질소분위기하의 매엽식 CVD chamber내에서 150°C-400°C 온도범위에서 열처리하였다.

S/M 평가를 위한 시료제작은 6인치 silicon 웨이퍼위에 Si 산화막 300Å을 PE-CVD 방식으로 형성하고, 그 위에 배선폭/간격이 0.75/0.75, 1.2/1.2, 2.0/2.0[단위 : μm]이고 길이가 1m인 Al(1% Si, 0.5% Cu) 배선을 sputter에 의해 형성시켰다. 이때 배선 양단에는 전기저항측정이 가능한

전극을 만들어 S/M 평가를 1m 간격으로 할 수 있도록 하였다. 배선이 형성된후 400°C 30분의 후처리 공정을 실시하고, 표면보호막(PSG/SiN 구조, PSG/USG/SiN 구조)를 PSG와 USG막의 두께를 달리하여 형성하고 SiN막을 6000Å 형성하여 S/M 평가를 위한 시료로 사용하였다. S/M평가시 PSG막 스트레스 경시변화 영향을 조사하기 위한 웨이퍼는 PSG막 형성후 5일간 방치한 후 PE-SiN막 형성직전에 N<sub>2</sub>분위기에서 300°C 10분 또는 20분anneal처리하였다. 이와 같은 방법으로

제작되어진 시료는 배선의 초기저항을 측정하고 150°C의 온도로 1000시간동안 방치되었다. 그 후 상온에서 배선의 저항을 측정하여 open failure 양을 계산하여 S/M 평가를 위한 data로 사용했다. 이때 전기저항 측정은 HP4145B semiconductor analyzer 를 사용하였고, open failure는 150°C, 1000시간의 가속조건을 부여하기전의 저항치보다 10%이상 증가할 경우로 정의하고 가속조건 후의 open failure 양을 아래의 식으로 부터 계산 하였다.

$$\text{open failure 양(\%)} = \frac{\text{저항측정시 fail된 배선수}}{\text{저항측정 배선수}} \times 100$$

III. 결과 및 고찰

1. 단일막 스트레스

(1) 두께별 스트레스

최종 표면보호막은 단일막으로 사용되는 경우가 없으나 복합막의 스트레스를 이해하는데 단일

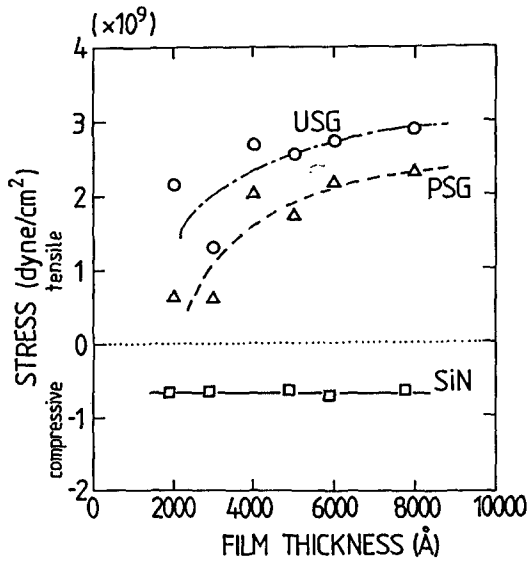


Fig. 1. Stress variation of USG, PSG, and SiN films as a function of the film thickness.

막의 스트레스가 중요하다. figure 1은 PSG, USG, SiN 막의 as-depo 상태에서의 스트레스를 막 두께의 함수로 나타낸 것이다. PSG, USG 막은 막 형성 직후 tensile stress를 나타내며 3000 Å 이상의 두께의 경우 막 두께가 증가할수록 스트레스

값이 증가함을 알 수 있다. 이에반해 SiN 막은 compressive stress를 나타내고 막두께에 상관없이 일정한 값을 유지하고 있다. 이와같이 SiN 막의 스트레스가 막 두께에 의존하지 않는 것은 SiN 막은 인장강도가 silicon의 약 두배인 것을 고려할 때 SiN이 강한 기계적성질을 갖고 있는 것과 막 두께가 두꺼운데 기인한 것으로 사료된다.

(2) PSG막의 스트레스 경시변화

각 막의 대기중에서 스트레스 경시변화를 조사한 결과 PSG 막과 USG 막의 경우가 경시변화를

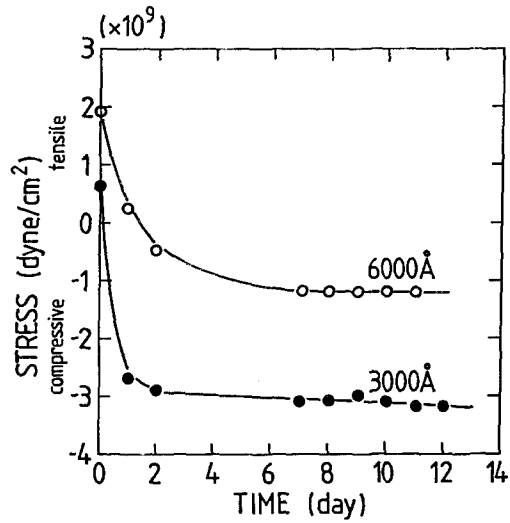


Fig. 2. Stress variation of PSG films, 3000 or 6000 Å thick, with holding time in the air.

보였으나 PSG막이 현저한 경시변화를 하였다. figure 2는 3000 Å과 6000 Å의 두께를 갖는 PSG 막의 스트레스 경시변화를 보여주고 있다. 두 경우 모두 as-depo 상태에서 tensile stress를 나타내었으나 2일후 compressive stress로 급격히 변화되었다. PSG 막 두께가 두꺼운 경우보다 얇은 쪽이 초기의 스트레스 변화속도가 크고 큰 compressive stress로 변화되는 것을 알 수 있다.

PSG 막의 스트레스 경시변화를 검토하기 위해 FTIR 분석을 실시한 결과 figure 3의 결과가 얻어졌다. PSG 막의 as-depo 상태에 비해 deposition 후 72시간 방치한 경우가 파수 3600, 3380, 940 (단위 : /cm)에서 Si-OH peak가 현저히 증가한 것을 알 수 있다. 즉 PSG 막 스트레스 경시변화는 대기중의 수분이 막내로 확산되어 막의 체적

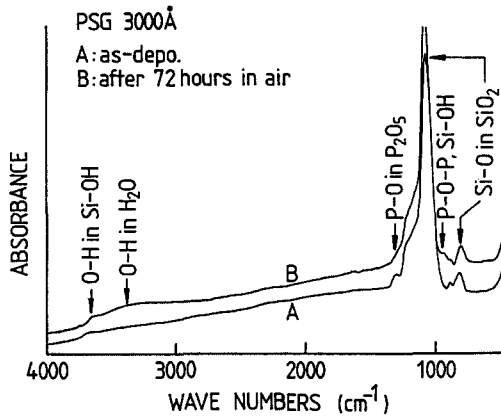


Fig. 3. FTIR spectra characteristics of PSG films as deposited and after 72 hours.

팽창에 의한 것으로 사료된다. figure 4는 PSG 막을 N<sub>2</sub> 분위기와 진공 분위기에서 유지 하였을때 스트레스 경시변화를 대기중 방치한 경우와 비교한 것이다. N<sub>2</sub> 분위기에서 스트레스 변화

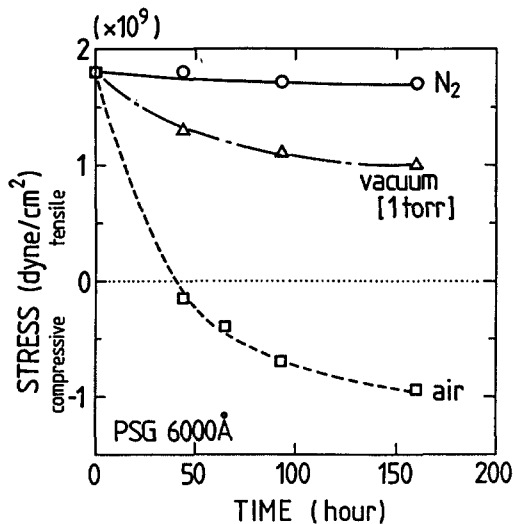


Fig. 4. Stress variation of PSG film vs. holding time in the different ambients such as N<sub>2</sub>, vacuum, and air.

가 없는것으로 부터 PSG막의 스트레스 변화가 대기중의 수분이 막에 침투된 것에 의한 것임을 알 수 있다.

수분의 침투가 막의 수직방향에 대해 일차원적인 정상상태의 확산에 의해 이루어지고 막내의 수분농도가 막 스트레스에 비례한다고 가정하면 PSG 막의 스트레스 변화를 시간과 H<sub>2</sub>O의 확산계

수의 함수로 나타낼수 있다. 이렇게 하여 얻어진 스트레스 경시 변화식을 사용하여 figure 2의 결과로부터 H<sub>2</sub>O의 확산계수를 구한 결과 10<sup>-4</sup>cm<sup>2</sup>/sec order의 값을 얻을 수 있었다.

(3) PSG 막의 anneal 효과

PSG 막의 스트레스 변화가 H<sub>2</sub>O의 흡수에 의한 것이라면 고온 Anneal 처리에 의한 스트레스 회복이 기대된다. figure 5는 deposition 후 수일

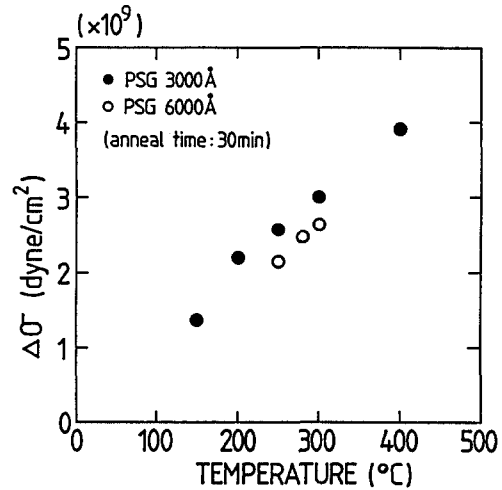


Fig. 5. The variation of amount of stress recovery,  $\Delta\sigma$ , of PSG film with anneal temperature.

경과한 PSG 3000Å, 6000Å의 경우에 대해 각 온도에서 30분씩 항온유지후 스트레스 변화량 ( $\Delta\sigma$ =anneal 후 스트레스-anneal 전 스트레스)을 나타낸것이다. anneal 온도가 증가할수록 스트레스 회복량은 증가하고 있으며 막두께 6000Å의 경우보다 막 두께 3000Å의 경우가 회복량이 많은것을 알 수 있다. Figure 6과 7은 막 두께를 3000Å, 6000Å에 대해서 각 anneal 조건에 따른 스트레스의 변화량을 나타낸 것이다. 250°C 이상이 anneal 온도에서 10분 이내로 스트레스 회복은 급격히 일어나고, anneal 시간이 갈수록 anneal 온도가 높을 수록 더 많은 스트레스 회복현상을 나타냄을 알 수 있다.

2. 복합막 스트레스

(1)복합막 스트레스 경시변화

PSG, USG, SiN 막을 각각 6000Å 씩 PSG와 USG, PSG와 SiN, PSG와 USG와 SiN의 복합막을 형성시켜 각 복합막의 스트레스 경시변화를 조사한 것을 figure 8에 나타내었다. PSG 위에

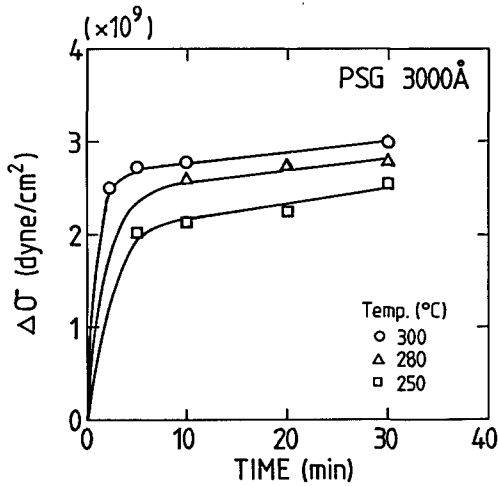


Fig. 6 The amount of stress recovery of PSG film with 3000 Å thick as a function of anneal time and anneal temperature.

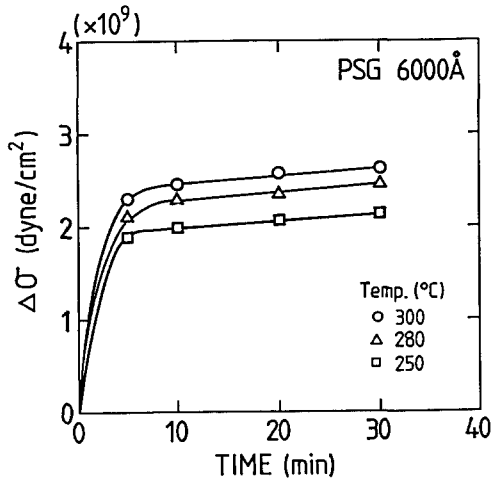


Fig. 7 The amount of stress recovery of PSG film with 6000 Å thick as a function of anneal time and anneal temperature.

USG를 형성시킨것은 PSG 막에 비해 완만한 tensile stress의 감소를 나타내나 최종막으로 SiN 막을 형성시킨 경우는 전혀 스트레스 경시변화를 하지않는 것을 알 수 있다. 이것은 SiN 막의 강한 내습성에 의한 것으로 사료된다.

(2) PSG막의 방치시간과 복합막 스트레스

Figure 9는 PSG막의 형성 직후부터 SiN막 형성 직전까지의 PSG 방치 시간에 따른 PSG 막과 SiN막의 복합막 스트레스 변화를 나타낸 것이다.

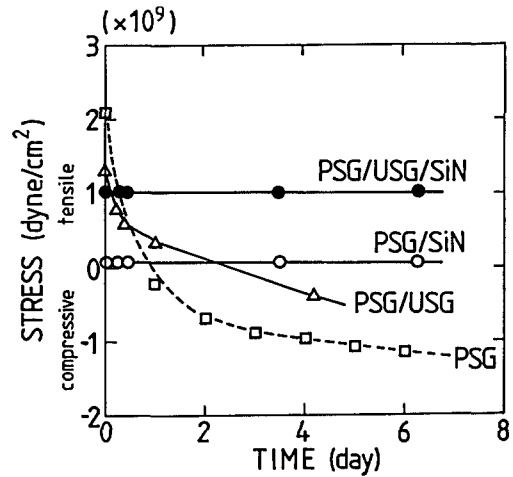


Fig. 8. Stress variation of PSG, PSG/USG, PSG/SiN and PSG/USG/SiN with holding time in the air. The thickness of oxide or nitride film was 6000 Å

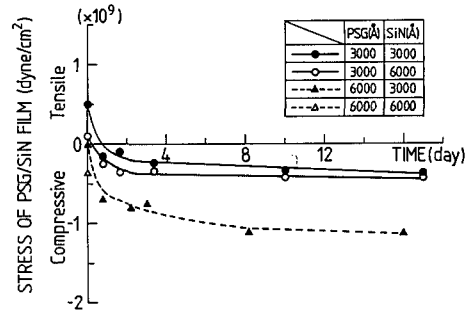


Fig. 9. The variation of stress of PSG/SiN film with holding time of PSG film in air before deposition of SiN.

PSG 막의 두께가 3000 Å 인 경우는 SiN막의 두께에 상관없이 복합막 스트레스가 거의 유사한 값을 취하면서 변화하고 있고 PSG막 형성후 2일 부터는  $0.3 \sim 0.4 \times 10^9$  dyne/cm<sup>2</sup> (compressive stress) 의 잔류 스트레스를 나타내고 있다. 이에 반해 PSG막의 두께가 두꺼운 6000 Å의 경우는 스트레스 변화속도가 3000 Å의 경우보다 늦으며 PSG막 방치시간이 길어질수록 복합막 스트레스는 더 큰 compressive stress를 나타내나 약  $1 \times 10^9$  dyne/cm<sup>2</sup> 정도로 보이고 있다. 즉, 복합막의 스트레스는 PSG막의 대기중 방치상태에 따라 크게 변화하고 있는 것을 알 수 있다.

(3) 복합막 스트레스

PSG 막의 스트레스가 경시변화를 하고 있으나

PSG막 형성 직후 SiN 막을 형성하여 PSG 막과 SiN 막의 복합막 스트레스를 각 막의 두께의 함수로 나타낸 것이 figure 10이다. Figure 1과

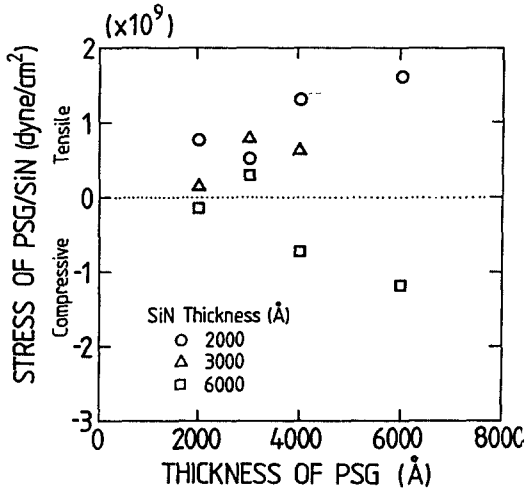


Fig. 10 The stress variation of PSG/SiN films as a function of the thickness of each film.

비교해 보면 SiN막 두께가 얇은 경우 PSG막이 두꺼워질수록 PSG막 단일막의 스트레스와 유사한 경향으로 스트레스값이 tensile stress에서 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 SiN 막 두께가 증가를 하면 복합막 스트레스는 점차 compressive로 이동하고 있다. 즉 복합막의 스트레스는 각 막의 고유의 스트레스의 특성과 각 막의 두께와의 함수인 것을 알 수 있다. 그러나 단일막과 복합막의 상호관련성을 갖는데 figure 10만으로는 어렵다. 따라서 복합막 스트레스가 각 막의 두께 및 스트레스와의 관련성을 조사하여 상관관계를 유도해 보고자 하였다.

복합막이 막 1, 막 2로 구성되어 있다고 가정할 경우, 단일막과 복합막의 stress-strain관계식은 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$\sigma_1 = (\text{strain}) \times E_1, \text{ 막 1의 경우}$$

$$\sigma_2 = (\text{strain}) \times E_2, \text{ 막 2의 경우}$$

$\sigma_{\text{tot}} = (\text{strain}) \times E_{\text{tot}}$ , 복합막 (막 1 + 막 2)의 경우 여기서  $\sigma_i$ 는 스트레스,  $E_i$ 는 young's modulus이다. Silicon 웨이퍼위에 형성된 막 1과 2에서, 막 1과 막 2의 복합 스트레스는 각 막의 체적비를 사용하여 혼합칙(law of mixture)을 사용하면 다음과 같이 나타낼수 있다.

$$\sigma_{\text{tot}} = \sigma_1 V_1 + \sigma_2 V_2$$

여기서  $V_1$ 는  $V_2$ 는 막 1, 막 2의 체적비이고, 본 연구에서는 silicon substrate 위에 형성된 막이므로 면적이 같아 각 막의 두께  $t_1$ 과  $t_2$ 를 사용하여 나타낼수 있다. 즉,

$$\sigma_{\text{tot}} = \frac{\sigma_1 t_1 + \sigma_2 t_2}{t_1 + t_2}$$

이것을 두개이상 다층막에 적용시킬 수 있도록 일반화 시키면 다음과 같다.

$$\sigma_{\text{tot}} \sum t_i = \sum \sigma_i t_i \quad (i = \text{PSG, USG, SiN} \dots)$$

위식의 타당성 여부를 조사하기 위해 복합막에 대해 얻어진 복합막 스트레스를 figure 11에 나타내었다. 위 식의 상관관계가 실험 결과와 잘 일

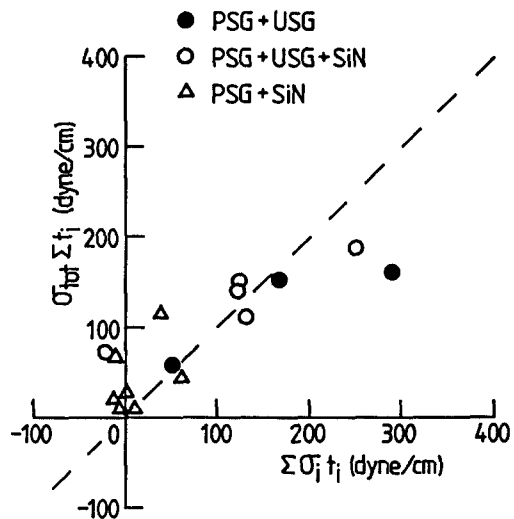


Fig. 11 Functional relationship between experimental data and equation derived in this study.

치하고 있음을 알 수 있다. 이로부터 복합막의 스트레스가 각 막의 두께와 각 막의 두께에 따른 그때의 스트레스와의 함수관계에 있음을 알 수 있다.

### 3. 표면보호막과 Al 배선의 S/M 거동

#### (1) PSG, USG 막 두께에 따른 S/M 거동

PSG/SiN의 표면보호막 구조에서 PSG 막 두께를 3000 Å, 6000 Å, 8000 Å으로 변화시켜 형성시킨 후 각각에 대하여 추가로 SiN막을 6000 Å 형성한 시료에 대하여 150°C, 1000시간의 가속조건을 가해 stress migration을 유발시킨 후 얻어진 open failure 양을 table 2에 나타내었다. 배선 간격/폭 (Width/Space)이 넓은 경우는 PSG막 두께에 관계 없이 150°C, 1000시간의 가속조건후의 open

Table 2. The amount of open failure in each metal line with variations of PSG film thickness.

Passivation Condition	Width/Space of metal line ( $\mu\text{m}$ )		
	0.75/0.75	1.2/1.2	2.0/2.0
PSG(3000 Å) + SiN(6000 Å)	1.07%	0.00%	0.00%
PSG(6000 Å) + SiN(6000 Å)	0.20%	0.00%	0.00%
PSG(8000 Å) + SiN(6000 Å)	0.00%	0.00%	0.00%

failure 양이 0%를 나타내고 있으나 배선평이 0.75 $\mu\text{m}$  인 경우는 PSG 막 두께증가에 따라 점차로 open failure 양이 감소하여 PSG 8000 Å 을 형성하였을 때 배선 간격/폭에 관계없이 모두 0%를 나타내었다. 즉 PSG 막 두께가 두꺼울수록 S/M 에 대한 저항이 크다. PSG/USG/SiN 의 표면보호막, 구조에서 PSG 막 두께를 3000 Å 으로 일정하게 하고 USG 막 두께를 2000 Å, 4000 Å, 6000 Å 으로 변화시켜 시킨 후 각각에 대하여 SiN 막을 6000 Å 형성한 시료에 대하여 150°C 1000시간의 가속 조건 후 얻어진 open failure 양을 table 3에 나타내었다. USG 막 두께가 증가 할수록 failure

Table 3. The amount of open failure in each metal line with variations of USG film thickness.

Passivation Condition	Width/Space of metal line ( $\mu\text{m}$ )		
	0.75/0.75	1.2/1.2	2.0/2.0
PSG(3000 Å) + USG(2000 Å) + SiN(6000 Å)	1.50%	0.11%	0.00%
PSG(3000 Å) + USG(4000 Å) + SiN(6000 Å)	1.11%	0.45%	0.00%
PSG(3000 Å) + USG(6000 Å) + SiN(6000 Å)	0.00%	0.00%	0.00%

양이 적어져 USG 막을 6000 Å deposition 하였 때는 배선에서 0%의 open failure 을 나타내었다.

PSG 막과 USG 막은 PE-SiN 막의 강한 compressive stress가 Al 배선에 미치는 영향을 완화시켜 주는 완충막으로서 tensile stress를 갖는다. Figure. 1에서 PSG 막과 USG 막의 두께가 증가할수록 tensile stress가 증가하였다. 일반적으로 Al막은 약  $3 \times 10^9$  dyne/cm<sup>2</sup> tensile stress를 갖는다.

따라서 PSG 막 USG 막 두께증가에 따른 S/M 특성 개선효과는 PSG 막의 막 두께가 증가할수록 tensile stress가 증가해서 완충막으로서의 효과가 더욱 더 두드러지게 작용하여 Al배선에 미치는 SiN 막의 스트레스 효과를 감소시킨 결과로 사료된다.

## (2) PSG막의 스트레스 경시변화와 S/M

Table 4에 Al배선위에 PSG 막 형성후 즉시

Table 4. The variation of open failure in each metal line after treatment of 1000hr 150°C with post-treatment of PSG film.

Post-treatment condition of PSG film before SiN depo	Width/Space of metal line ( $\mu\text{m}$ )		
	0.75/0.75	1.2/1.2	2.0/2.0
A	0.00%	0.00%	0.00%
B	0.23%	0.00%	0.00%
C	0.00%	0.00%	0.00%
D	0.00%	0.00%	0.00%

A : SiN depo. on PSG film without interruption.

B : SiN depo. on PSG film with exposure in air for 5 days.

C : SiN depo. on subsequently annealed (300°C, 10 min)

PSG film with exposure in air for 5 days.

D : SiN depo. on subsequently annealed (300°C, 20 min)

PSG film with exposure in air for 5 days.

SiN막을 형성시킨 경우, PSG막 형성후 5일간 대기중에서 방치한 후 SiN막을 형성시킨 경우, SiN막을 형성시키기 전에 대기중에 5일간 방치된 PSG 막을 300°C에서 10분, 20분 anneal 처리를 한 경우에 대한 S/M 특성을 나타내었다. 이때 PSG막과 SiN막의 두께는 6000 Å으로 동일하게 하였다. PSG 막 형성후 즉시 SiN 막을 형성시킨 경우는 모든 배선에서 open failure 양이 0%로 우수한 S/M 특성을 보였다. 그러나 PSG막 6000 Å을 형성시키고 5일간 방치 후 anneal 없이 SiN 막을 형성하면 배선평이 작은 경우 open fail 양이 증가되며 PSG막의 스트레스 경시변화에 의해 S/M에 대한 저항이 감소됨을 알 수 있다. 그러나 막의 스트레스가 변화된 PSG막에 대해 300°C, 10분 또는 20분의 anneal 처리하고 SiN을 형성시키면 S/M특성이 개선되고 PSG 막 형성직후 SiN 막을 형성시킨 것과 유사한 효과를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

반도체 소자의 표면보호막 (passivation film)으로서 사용되고 있는 PSG, USG, SiN 막을 silicon 웨이퍼 위에 형성하여 단일막, 복합막의 스트레스를 평가하고 이를 stress-migration 관점에서 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) PSG, USG 는 막 두께에 따라 스트레스가 변화하나 SiN막은 2000Å에서 8000Å 범위에서 일정한 값을 나타내었다.

2) PSG 막은 수분흡수로 인해 스트레스가 tensile stress에서 compressive stress로 경시 변화를 하고, 막 두께가 얇은편이 더 큰 compressive 쪽으로 이동한다. 스트레스가 compressive로 변화된 막의 경우 고온 anneal 처리에 의해 스트레스를 tensile 상태로 회복시킬 수 있다.

3) PSG 와 SiN의 복합막의 경우 복합막 스트레스는 PSG 막의 방치시간에 크게 의존 하고 PSG 방치시간이 길면 tensile stress에서 compressive stress로 바뀐다.

4) 복합막의 스트레스는 복합막을 구성하고 있는 각 막 두께별 고유 스트레스와 각막의 두께와의 함수관계를 나타내었다.

5) SiN 막의 강한 compressive stress를 완화시켜 주는 PSG, USG 막의 스트레스가 큰 tensile stress를 나타낼수록 Al배선은 stress migration에 대한 저항이 증가한다.

#### 참 고 문 헌

1. K. Maeda, New LSI process Technology, 4th ed., pp 337, Industry Survey Committee of Japan, (1988)
2. L. J. Gallace, Solid state Technology, **33**, 102 (1990)
3. W. M. Paulson et al, 12th International Reliability Physics Symposium, pp 172 (1974)
4. J. W. McPherson and C.F. Dunn, J. Vac. Sci. Technol., **B5(5)**, 1321 (1987)
5. R. A. Gasser and S. G. Johnson, J. Vac. Sci. Technol, **B4**, 758 (1986)
6. H.Kaneko et al, 27th International Reliability Physics Symposium, pp. 194(1990)
7. A. Tezaki et al, NIKKEI Microdevices, **59**, 93 (1990)
8. S. K. Groothuis and W. H. Schroen, 25th International Reliability Physics Symposium, pp. 1 (1987)
9. R. E. Jones Jr, 25th International Reliability Physics Symposium, pp. 9 (1987)
10. A. K. Sinha, H. J. Levinstein, and T. E. Smith, J. Appl. Phys., **49**, 2423 (1978)
11. Mei Chang, Jerry Wong, and D. N. K Wang, Solid State Technology, **31(5)**, 193(1988)
12. Y. Shioya and M. Maeda, J. Electrochem. Soc. Solid State Science and Technology, **133(9)**, 1943 (1986)
13. C. M. Drum and M. J. Rand, J. Appl. Phys., **39**, 4458 (1968)