

論文 92-29A-9-3

# SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 환원에 의해 형성된 WSix 박막특성 (Characteristics of Tungsten Silicide Film Formed by Dichlorosilane Reduction)

崔 東 圭,\* 高 哲 基\*

(Dong Kyu Choi and Chul Gi Ko)

## 要 約

소자의 동작속도와 내구성을 증가시키기 위한 배선으로 텅스텐 실리사이드(WSix)가 널리 이용 되어 왔다. Silane 환원에 의한 WSix는 불량한 단차피복성과 접착력을 지니고 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구 중 dichlorosilane 환원에 의한 WSix는 셀로판 접착테이프 측정에서 우수한 접착력을 보였고 2배 가량의 단차피복성을 개선하였다. Dichlorosilane 환원에 의한 WSix는 증착단계에서 안정한 tetragonal 구조를 유지하는 반면 silane 환원에 의한 WSix 막의 결정 구조는 열공정을 거치면서 증착 단계의 hexagonal 구조에서 tetragonal 구조로 상변화한다. Dichlorosilane 환원에 의한 WSix내의 불소농도는 silane에 의한 WSix 내에 불소농도 보다 낮은 값을 가졌다.

## Abstract

Tungsten silicide (WSix) has been widely used for interconnection line to improve the speed and reliability of devices. It is known that WSix formed by silane reduction has poor step coverage and poor adhesion. In this research, WSix by dichlorosilane reduction showed excellent adhesion in cellophane adhesive tape test, and improved step coverage by two times. The crystal structure of the as-deposited WSix film by silane reduction was transformed from the hexagonal to the tetragonal structure during annealing treatment, while that by dichlorosilane reduction kept the stable tetragonal structure. The fluorine concentration in the WSix film by dichlorosilane was lower than that by silane.

## I. 서 론

소자의 초고집적화에 따른 소자크기의 축소는 콘택 및 배선 저항의 증가를 가져오고 이에 따라 RC 지연 시간이 증가하였다. 이러한 문제점 때문에 저항을 낮

출수 있는 새로운 게이트와 배선재료를 요구하게 되었다. 지금까지 알려진 배선재료로서는 silicide와 내화성 금속등이 있으며 그중에서도 Mo, Ti, Ta, W을 이용한 silicide가 높은 전기전도도와 산화막과의 접착력 등의 장점을 가지고 있다.<sup>1)</sup>

본 실험은 이와 같은 여러종류의 silicide중에서 tungsten silicide 형성에 관한 것이다. 배선재료로서 doped polysilicon만의 구조로는 저항값을 낮추는데 한계가 있어, tungsten silicide를 그위에 증착("polycide")함으로써 anneal한 후 면 저항을 5Ω/□

\*正會員, 現代電子産業(株)半導體研究所  
(Semiconductor R & D Lab., Hyundai Electronics  
Industries Co., Ltd.)

接受日字: 1991年 9月 16日

이하로 낮추고 있다.<sup>[2]</sup> Tungsten silicide 형성은 저온에서 (350~400°C) 행해진 silane 공정(low temperature silicide process)이 일반적이었으나, 초고집적화로 인해 접착력과 단차피복성을 더욱 개선할 필요성을 가지게 되었다. 이를 위해 silane 대신 고온인 650°C에서 dichlorosilane을 이용한 공정(high temperature silicide process)을 개발하고 있다.

본 논문은 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>와 WF<sub>6</sub>를 이용한 WSix 형태의 tungsten silicide를 형성함에 있어 증착 특성에 관한 실험의 결과이다.

### II. 실험방법

#### 1. 시편제작

비저항이 10~60Ω·cm인 P형(100) 실리콘 기판을 이용해 각 단위 실험별 증착 특성을 알아 보았다. 그림 1은 본 실험의 순서도를 나타낸 것이다.

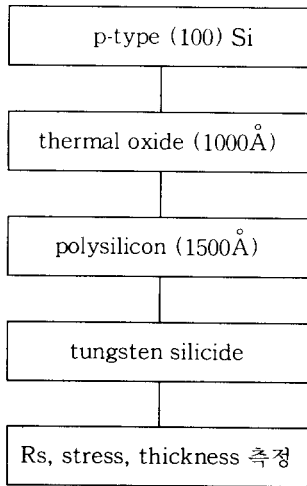


그림 1. 본 실험의 순서도  
Fig. 1. Flow chart of experimental procedure.

#### 2. Tungsten silicide 증착 장비

Tungsten silicide막 형성은 single wafer, cold wall 형태의 LPCVD 장치로 증착했다. 그림 2는 증착 시스템의 개략도이다. 가스는 WF<sub>6</sub>와 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 그리고 inter가스로 argon을 사용했다.

#### 3. 측정

면저항은 Omnimap Rs 50을 사용했으며, tungsten

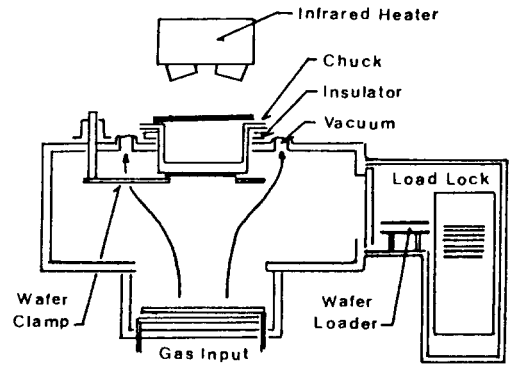


그림 2. Tungsten silicide 증착장비의 개략도  
Fig. 2. Schematic diagram of tungsten silicide deposition system.

silicide의 두께는 Dektak II A를 사용하였다. 응력값은 Micro sense사의 ADE 6034로 측정하였고, fluorine의 film에서의 농도 변화는 Perkin Elmer사의 PHI 6300 secondary ion mass spectroscopy(SIMS)로 관찰하였다. Silicide의 단차피복성은 JEOL scanning electron microscope(SEM)로 관찰하였다.

### III. 결과 및 논의

Tungsten silicide 막을 증착하는데는 기상 반응과 표면 반응이 함께 작용한다. Tungsten silicide막 특성에 영향을 줄 수 있는 요인으로서 증착 온도, 반응 기체량, 반응기 압력등이 있다.<sup>[3]</sup> Dichlorosilane 공정의 잇점은 그림 3의 SIMS 분석결과에서 보는바 같이 fluorine의 농도가 silane 공정보다 낮으며 단차피복성은 그림 4에서와 같이 silane 공정보다 2배가량 우수하다. 막 내에 잔존하는 fluorine의 농도가 높으면, gate oxide로 확산되어 소자특성에 영향을 줌으로 fluorine의 농도를 가능한 한 낮추어야 한다. 각 단위 실험별 증착 특성을 보면 다음과 같다.

#### 1. WF<sub>6</sub> 유량에 따른 증착 특성

WF<sub>6</sub> 유량 변화는 silicide의 조성에 영향을 준다. WF<sub>6</sub> 유량변화에 대한 WF<sub>6</sub> 증착율 및 비저항의 변화는 그림 5와 같은 데 WF<sub>6</sub> 유량을 증가시킬때 증착율 증가는 과도한 양의 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>이 증가된 WF<sub>6</sub>와 반응하기 때문이다.<sup>[4]</sup> 면저항과 비저항은 WF<sub>6</sub>의 유량이 증가함에 따라 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>/WF<sub>6</sub>가 감소하게 되어 Si/W가 감소한다. 그러므로 tungsten의 함량이 막 내에서 커져서 면저항과 비저항을 낮추게 된다. 이와 같이 막 내

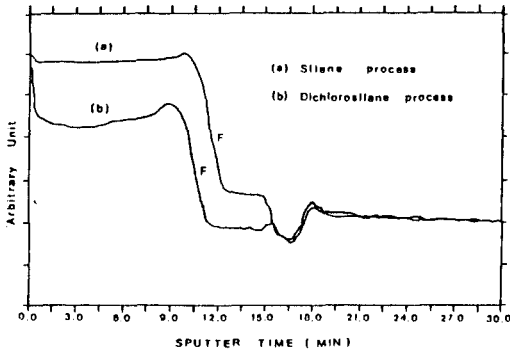


그림 3. Tungsten silicide막에서 fluorine량의 SIMS profile

Fig. 3. SIMS profile of fluorine content in tungsten silicide film.

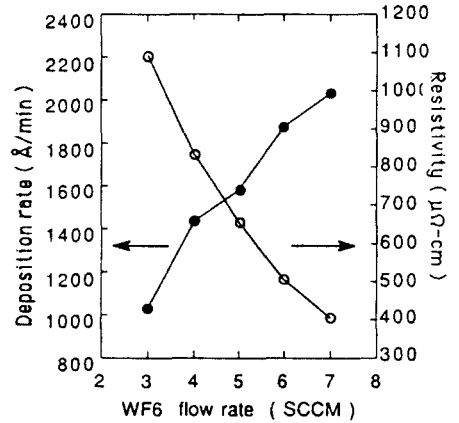


그림 5. WF<sub>6</sub> 유량에 따른 증착율과 비저항

Fig. 5. WF<sub>6</sub> flow rate vs. deposition rate and resistivity.

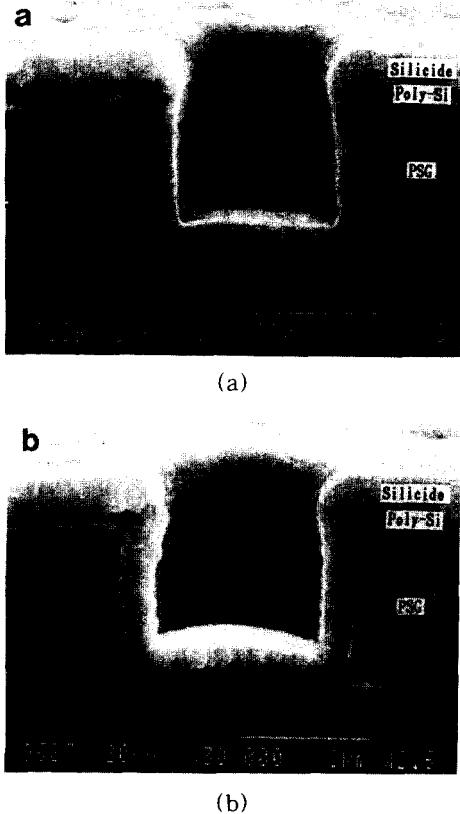


그림 4. Tungsten silicide의 단차피복성  
(a) Silane process(24%)  
(b) Dichlorosilane process(49%)

Fig. 4. Step coverage of tungsten silicide.  
(a) Silane process(24%),  
(b) Dichlorosilane process(49%).

에서 tungsten 비율의 증가가 그림 6에서와 같이 응력을 증가시키게 된다. 결과적으로 WF<sub>6</sub>의 유량을 증가시킬수록 증착율이 커져 증착시간을 줄일 수 있으나, tungsten의 비율이 너무 커지면 stress의 증가로 막균열이 생기므로 주의하여야 한다.

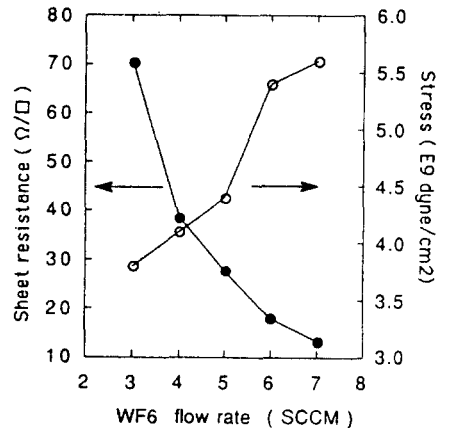


그림 6. WF<sub>6</sub> 유량에 따른 면저항과 응력

Fig. 6. WF<sub>6</sub> flow rate vs. sheet resistance and stress.

## 2. 증착 온도에 따른 증착 특성

증착온도는 증착과정에서의 반응 기구에 영향을 준다. 그림 7에서 온도를 증가시키기에 따라 증착율은 증가하는데 이것은 온도의 증가가 반응물의 열분해를 촉

진시키기 때문이다. 온도를 증가시키에 따라 그림 8에  
서와 같이 면저항 및 비저항이 증가하는데 온도의 증  
가에 따른 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>의 열분해로 인해 silicon의 함량이  
증가되기 때문이다.

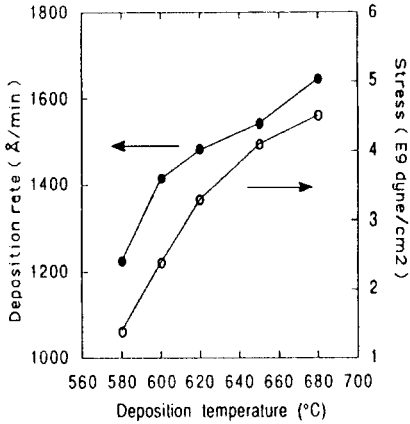


그림 7. 증착 온도에 따른 증착율과 응력  
Fig. 7. Deposition temperature vs. deposition rate  
and stress.

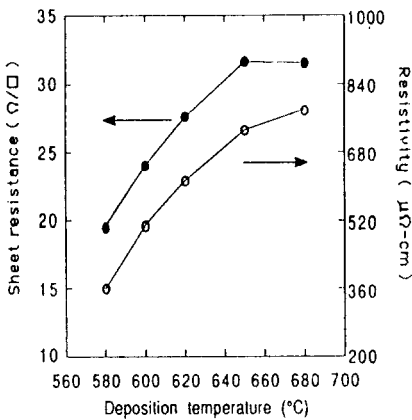


그림 8. 증착 온도에 따른 면저항과 비저항  
Fig. 8. Deposition temperature vs. sheet resistance  
and resistivity.

3. SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 유량에 따른 증착특성

SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>의 유량을 증가시키면 열분해되는 silicon의  
양이 증가하여 WSix 막의 silicon 비율이 커진다. 따  
라서 그림 9에서와 같이 silicon 증가에 따라 면저항이  
증가하고, 비저항 역시 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>의 유량을 증가시킬때

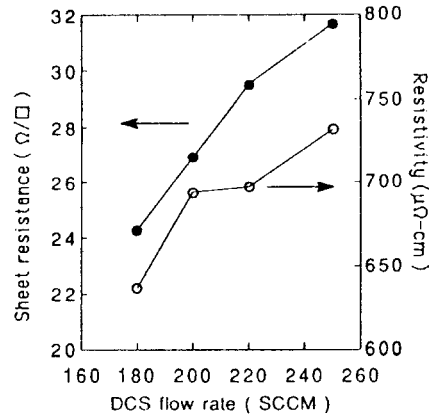


그림 9. SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 유량에 따른 면저항과 비저항  
Fig. 9. SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> flow rate vs. sheet resistance  
and resistivity.

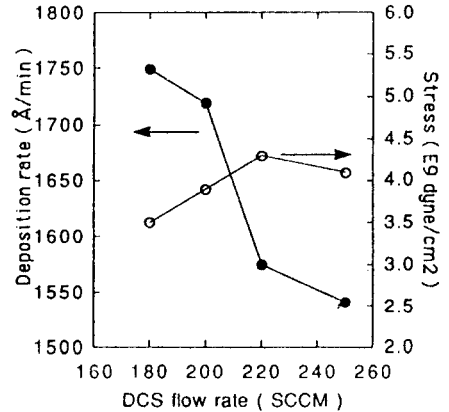


그림 10. SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 유량에 따른 증착율과 응력  
Fig. 10. SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> flow rate vs. deposition rate  
and stress.

같이 증가한다. 그림 10에서 SiH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>의 유량을 증가시  
키면 WF<sub>6</sub>의 분압을 감소시켜 증착율은 떨어진다.

4. X-선 회절무늬에 의한 막질 분석

그림 11에서 측정된 Silicide의 구조는 모두 tetrag-  
onal 구조로서 silane process(360°C)후 열처리 과정  
에서 볼 수 있었던 hexagonal 구조는 볼 수 없었다. 이  
것은 고온 공정(650°C)으로 인한 잇점으로 열처리시  
또다른 상변화 과정을 거치지 않으므로 막질의 안정성  
을 가지게 된다.

IV. 결 론

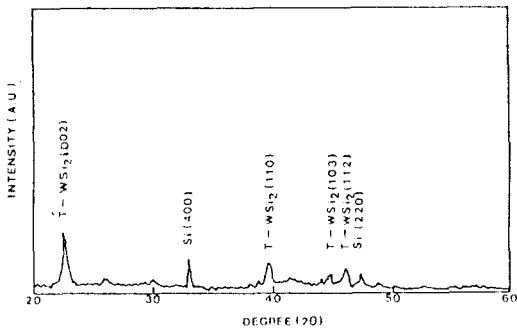


그림 11. Dichlorosilane 공정에 의해 형성된 tungsten silicide의 X-선 회절무늬  
 Fig. 11. X-ray diffraction peaks of tungsten silicide formed by dichlorosilane process

이상의 실험에서 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. Silicide 막내의 fluorine의 농도는 dichlorosilane 공정이 silane 공정보다 적다.
2. 단차회복성은 dichlorosilane 공정이 49%로 silane 공정의 24%에 비해 2배가량 높았다.
3. Dichlorosilane 공정으로 형성한 막의 접착력이 silane 공정으로 형성한 막 보다 우수했다.
4. WF<sub>6</sub> 유량이 증가할 때 증착율은 증가하고 비저항은 감소한다. 먼저항은 WF<sub>6</sub> 유량이 증가할 때 급격히 감소하지만 응력은 조금씩 증가한다.

5. 증착 온도를 높였을 때 증착율, 비저항, 먼저항, 응력 모두 증가하는데, 응력의 증가율이 가장 크다.
6. Dichlorosilane 유량을 증가시켰을 때 증착율은 감소하고, 비저항, 먼저항, 응력은 증가한다.
7. Dichlorosilane 공정으로 형성한 silicide는 as-deposition 상태에서 tetragonal 구조로 되어있어 이후의 anneal 과정에 따른 상변화 과정은 없었다.

參 考 文 獻

- [1] K. C. Saraswat, "WSi<sub>2</sub> interconnections for VLSIC", *Thin Solid Films*, pp. 143-144, 1981.
- [2] M. D. Deal, D. Pramanik, N. N. Saxena and K. C. Saraswat, "Tungsten silicide /n<sup>+</sup> polysilicon technology for VLSI", *VASIC Conf.*, pp. 324-334, 1985.
- [3] S. P. Murarka, *Silicides for VLSI Applications*, Academic press, 1983.
- [4] D. L. Brors, J. A. Fair, K. A. Monning and K. C. Saraswat, "Low Pressure Chemical Vapor Deposition of tungsten silicide", *Semiconductor International*, May 1984.
- [5] Yoshimi Shioya, Takahiro Itoh, Shin-ichi Inoue and Mamoru Maeda, "Analysis of stress in chemical vapor deposition tungsten silicide film", *J. Appl. Phys.*, vol. 58, no. 11, 1985.

著 者 紹 介



崔 東 圭(正會員)  
 1964年 8月 5日生. 1987年 2月 서울대학교 화학공학과 졸업. 1987年 ~ 현재 현대전자 반도체 연구소 공정개발 4실 주임연구원. 주관심분야는 CVD 및 다층배선 구조의 평탄화 등임.



高 哲 基(正會員)  
 1955年 7月 17日生. 1981年 한양대학교 재료공학과 졸업. 1988年 University of Illinois 재료공학과 공학박사. 1988年 ~ 현재 현대전자 반도체연구소 공정개발 4실장 및 수석연구원. 주관심분야는 Metal PVD, Metal CVD, Dielectric Planarization, Ion Implantation 및 Multilevel Interconnection.