

코발트실리사이드 박막을 이용한 발열 액츄에이터의 제작 (Fabrication of Heating Actuator Using Cobalt Silicided Thin Films)

노영규, 장호정

단국대학교 전자컴퓨터학부

Abstract

The cobalt silicide was formed on Poly-Si/SiO₂/Si substrates by the E-beam evaporation of Co metal and rapid thermal annealing method for the application of heating actuators. The most stable CoSi₂ crystal was obtained at temperature of above 700 °C for 20 sec in N₂ ambient. From the SEM observation, the thickness and diameter of the heating elements were about 1 μm and 50 μm, respectively. Temperature resistance coefficient of heating elements was found to be about 0.0014(1/°C) with 30~35Ω of resistance.

1. Introduction

박막 발열체의 소형화와 다양한 패턴을 가지기 위해서는 작은 면저항과 고온에서 열적 안정성이 요구되는 발열재료가 필요하다. 열적인 안정성 뿐만 아니라 낮은 저항으로 박막형성이 용이하고 공정처리가 간단한 코발트실리사이드가 유망한 발열재료의 하나로서 고려되고 있다. 발열체로 사용하기 위한 실리사이드 요건은 면저항의 크기, 온도 안정성, 실리사이드 형성후의 공정 진행시의 안정성 및 일정한 전기신호의 횟수에 대한 내구성 등이 특히 중요하다. 코발트실리사이드 (CoSi₂)의 경우 VIII족의 실리사이드 중에서는 비저항, 온도안정성, 공정진행시의 안정성 등이 매우 우수하다.

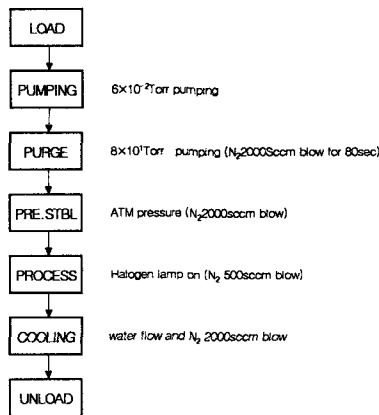
본 연구에서는 Poly-Si/Oxide/Si 의 다층기판위에 코발트실리사이드 박막을 형성하여 발열히터를 제작하였다. 이를 위해 코발트실리사이드 박막을 얻기 위한 최적 공정조건을 확보하고자 하였으며 주기적인 전압과 전류를 인가해 발열체의 전기적인 특성 및 온도저항계수를 조사하였다.

2. Experimental Procedure

발열체의 기판은 n-type(100) Si 웨이퍼($\rho=10\sim20\Omega\text{cm}$)를 사용하였다. 이들 웨이퍼는 습식산화 방법으로 약 5000Å 두께의 SiO₂를 형성한 후 LPCVD (low pressure chemical vapor deposition) 방법에 의해 Poly-Si 박막을 SiO₂ 표면위에 증착하였다. 이후 증착된 웨이퍼는 e-beam evaporation 장치에서 5×10^{-7} Torr의 진공도로 Co 금속박막 (두께: 350Å, 1000Å)을 증착하였다.

코발트실리사이드 형성을 위해 400°C~900°C 온도범위로 RTA (rapid thermal annealing) 장치에 의한 급속열처리를 실시하였다. 실리사이드 박막을 형성한 후 고온에서의 열적 안정성을 관찰하기 위하여 N₂ 분위기의 고온로 (electric furnace)에서 800°C 온도로 1시간 동안 열처리를 실시하였다. 실험에 사용된 RTA 시스템의 기본 진공도는 6×10^{-2} Torr 이며 열처

리 온도와 시간을 정상상태의 경우로 정의했을때 RTA의 실험공정과 조건을 그림 1과 표1에 각각 기술하였다.



Process	Silicidation
Apparatus	RTA
Ambient	N ₂ (ATM)
Temperature	800°C
Time	20sec

Table 1. Process conditions of the silicidation

Fig. 1. RTA experimental processes.

3. Results and Discussion

코발트실리사이드 형성을 위해 증착한 Co 금속 두께가 1000Å인 시편의 경우 열처리 온도가 500°C 까지 증가함에 따라 면저항이 증가한 후 다시 급격히 감소하여 700°C 이상에서 약 0.8Ω/□의 안정된 면저항 특성을 나타내었다. 또한 800°C에서 20~40 sec 동안 Co 금속막 (두께: 350Å, 1000Å)을 열처리했을 때 실리사이드의 면저항 분포는 RTA 공정시간에 관계 없이 거의 일정한 분포를 나타내었다. 그러나 Co 두께가 350Å의 시편의 경우 900°C 온도에서 열처리 시간을 증가시킴에 따라 면저항이 크게 증가하는 경향을 나타내었다.

그림 2는 열처리온도에 따른 같이 코발트실리사이드 결정의 X선 회절 (XRD) 분석 결과를 보여주고 있다. 700°C 이상의 열처리온도에서 CoSi₂의 안정된 결정상이 얻어졌다. 형성된 코발트실리사이드 박막에 대해 전기로에서 1시간 동안 후속 열처리하기 전과 후의 X선 회절 분석결과 결정상에 뚜렷한 변화가 없었으며 이는 코발트실리사이드의 열적 안정성이 우수함을 보여주고 있다.

패턴 (pattern)화된 발열체를 형성하기 위해 ion milling 방법을 사용하여 실리사이드를 건식에칭 하였다. 웨이퍼 에칭시 ion gun 방향에서 약 20° 정도 기울였고 pattern을 형성한 후 PECVD를 사용하여 5000Å 두께의 산화막을 증착하고 RIE (reactive ion etching)를 사용하여 실리사이드 박막위에 접촉 창구를 개방한 후 Al 금속 전극을 형성하였다. 이후 Al 금속과 실리사이드간에 접촉저항을 줄이기 위해 400°C에서 20초 동안 RTA로 열처리를 실시하였다.

SEM 사진으로부터 코발트실리사이드를 이용하여 제작한 발열체의 직경과 두께는 각각 약 50μm, 약 1μm임을 확인할 수 있었다.

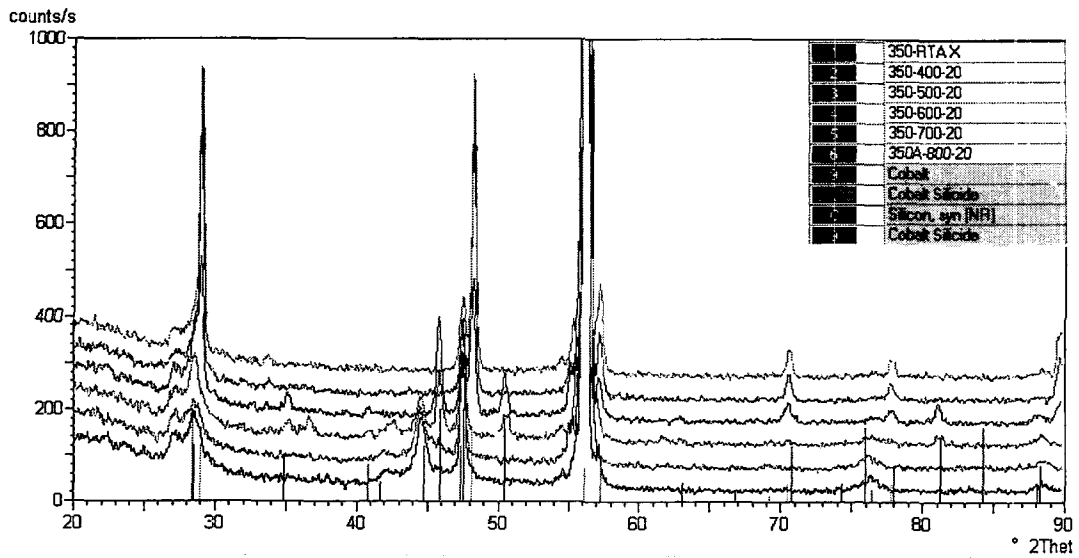


Fig. 2. XRD patterns as a function of rapid thermal annealing temperatures.

그림 3에서 보인 실험장치를 통해 코발트실리사이드로 형성된 히터에서 온도저항계수를 측정하였으며 히터의 온도변화에 따른 저항변화를 그림 4에 나타내었다. 발열체로서 사용되기 위해서는 히터가 열을 발생하였을 경우에도 저항의 변화를 최대한 억제하여야 한다. 온도에 대해 선형증가를 가정하고 온도저항계수 관계식을 이용하여 계산하면 α_{11} 은 약 $0.0014(1/^\circ\text{C})$ 값을 나타내었다. 이 값은 히터가 실리사이드로서 온도저항계수의 부호가 양인 금속과 부호가 음인 실리콘의 중간형태의 특성으로 히터로 사용하기에 적합한 온도변화에 따른 저항을 나타내었다.

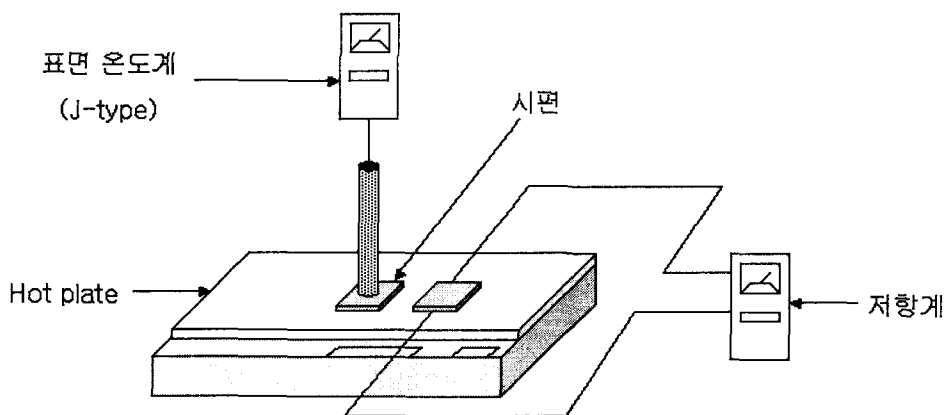


Fig. 3. Measurement system of temperature resistance coefficient of heating element.

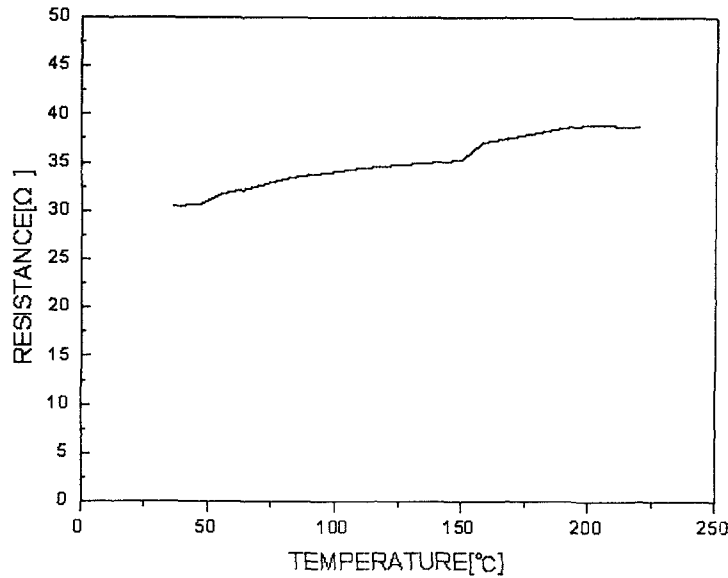


Fig. 4. Resistance changes of the heating elements according to the heating temperatures.

4. Conclusions

Poly-Si/SiO₂/Si의 기판 위에 Co 금속을 e-beam evaporation 방식으로 증착하고 RTA 급속열처리 방식을 통해 코발트실리사이드로 형성한후 발열 액츄에이터를 제작하였다. 이들 발열체에 대해 전기적인 특성과 온도저항계수를 조사하였다. 코발트실리사이드는 700℃ 이상에서 CoSi₂의 안정된 결정상이 얻어졌으며 코발트 실리사이드를 이용한 발열체의 온도저항계수를 측정된 결과 약 0.0014(1/℃) 값을 나타내었다. 본 연구에서는 코발트실리사이드 최적 박막 공정조건을 확보하였으며 우수한 열적 안정성과 낮은 면저항의 확인에 의해 발열체로서 응용가능성을 확인할 수 있었다.

References

- [1] Gregory T. A. Kovacs, *Micromachined Transducers Sourcebook*, McGraw-Hill, p. 855, 1997.
- [2] M. Usui, Development of the New MACH, *Proc. Of the 12th International Congress on Advances in Non-Impact Printing*, p. 50-53, 1996.
- [3] S. Kamisuki, M. Fujii, T. Takekoshi, C. Tezuka and M. Atobe, A High Resolution, Electrostatically-Driven Commercial Inkjet Head, *Proc. of IEEE, The 13th Annual International Workshop on Micro Electro Mechanical Systems*, p. 793-798, 2000.
- [4] H. C. Swart, G. L. P. Berning and J. Du Plessis, The influence of oxygen on cobalt silicide formation, *Thin Solid Films*. **189**, p. 321, 1990.