

# 코발트실리사이드를 이용한 잉크젯 히터의 제작

노영규, 장호정, 장영철\*

단국대학교 전자·컴퓨터공학부, \* 한국기술교육대학교 메카트로닉스공학부

## 초록

잉크젯 헤드의 발열체에 적용하기 위해 poly-Si/SiO<sub>2</sub>/Si 의 다층기판 위에 결정화된 안정한 CoSi<sub>2</sub> 코발트 실리사이드 박막을 증착하여 발열체를 제작하고 이들 발열체의 구조적 형상과 온도저항계수 등 전기적 특성을 조사하였다. CoSi<sub>2</sub> 코발트실리사이드 박막의 형성은 금속 Co 박막을 급속 열처리장치를 이용하여 800°C에서 20 초 동안 질소 분위기에서 열처리하여 실리사이드 박막을 형성하였다. 발열체의 온도저항계수 값은 약 0.0014/°C 값을 얻을 수 있었다. 인가전압 10V, 주파수 10 kHz 및 펄스간격 1 μs 인가시 발열체의 순간전력은 최대 2 watt 를 나타내었다.

## 1. 서론

잉크젯 프린터는 작성된 문서의 출력은 물론 사진 인쇄 등 고해상도의 매체 출력에 주로 사용되고 있다[1-8]. 잉크젯 프린터 시스템의 기본 동작원리는 잉크방울을 연속적으로 분사하거나 "drop-on-demand"에 의해 인쇄하며 크게 압전 (piezoelectric) 방식과 가열방식으로 구분할 수 있다[1]. 가열방식 잉크젯프린터는 다른 방식에 비해 낮은 가격과 우수한 품질을 가지고 있으며 열 기포(thermal bubble)를 생성하기 위한 박막 발열체로서 TaAl 등 여러 금속화합물들을 쓰고 있다. 프린트물의 고해상도에 따라 잉크젯 헤드의 노즐 수 증가에 의해 박막 발열체의 소형화와 더불어 작은 면저항과 고온에서 열적 안정성이 요구되는 발열체가 요구되고 있다.

본 연구에서는 잉크젯 히터의 발열체에 적용하기 위해 poly-Si/SiO<sub>2</sub>/Si의 다층기판 위에 안정한 코발트 실리사이드(CoSi<sub>2</sub>) 박막을 형성하여 오메가 형태의 발열체를 제작하고 발열체의 구조적 형상과 온도저항계수 등 전기적 특성을 조사, 연구하였다.

## 2. 실험 방법

CoSi<sub>2</sub>/poly-Si/SiO<sub>2</sub>/SI 다층구조의 웨이퍼를 발열체 형상으로 패터닝 (patterning) 하기 위해 이온밀링 (ion milling) 방법으로 CoSi<sub>2</sub> 실리사이드 박막과 poly-Si 층을 건식 에칭하였다. 이온 밀링시 식각조건은 빔전류 (beam current) 100mA, 공정 압력 2.5×10<sup>-4</sup> Torr에서 약 35분간 식각하였다. 패터닝한 기판은 전극형성을 위해 PECVD (plasma enhanced chemical vapor deposition) 방법으로 약 5000Å 두께의 SiO<sub>2</sub> 산화막층을 형성한후 반응성 이온에칭 (reactive

ion etching, RIE)법을 사용하여 실리콘 박막위에 접촉 창구를 개방하였다. 개방된 접촉 창구 부위를 세정한 후 열진공 증착법으로 Al 금속을 증착하여 전극을 형성하였다. 히터를 발열시킬 때 히터와 Al 금속사이의 접촉면에서의 산화를 막기 위해 다시 PECVD로 3000Å의 산화막을 형성하였다. 마지막 단계로 전극을 노출시키기 위하여 Al 전극 끝 부분 위의 산화막을 RIE 법을 사용하여 에칭하였다. 제작된 발열체에 대해 실리콘 박막의 결정구조는 X-ray diffractor 장치로 측정하였다. 또한 온도저항 측정장치를 통하여 코발트실리사이드로 형성된 발열체의 온도저항계수를 측정하였으며 시편은 300℃까지 측정 온도범위를 설정하였다. 그리고 완성된 발열체를 광학현미경과 field emission 주사전자현미경 (FE-SEM)으로 단면과 평면 형상을 각각 관찰하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

FE-SEM 표면사진으로부터 코발트실리사이드를 이용하여 제작한 발열체의 직경과 두께는 각각 약 50 $\mu$ m, 약 1 $\mu$ m임을 확인할 수 있었으며 노즐(nozzle) 형상부분의 직경은 약 20 $\mu$ m임을 알 수 있었다. 그림 4의 발열체 구조의 FE-SEM 단면사진으로부터 PE-Oxide/CoSi<sub>2</sub>/poly-Si/SiO<sub>2</sub> 다층구조의 층별 두께가 각각 약 5000Å/1200Å/1800Å/5000Å임을 확인할 수 있었다.

잉크젯프린터의 발열체로서 사용되기 위해서는 발열체에서 열을 발생시켰을 경우에도 저항의 변화를 가능한한 억제하도록 발열체 재료와 구조를 설계하여야 한다. 온도에 대한 저항의 변화를 측정한 그림을 보여주고 있으며 온도저항계수 관계식을 이용하면[9] 온도저항계수는 약 0.0014/℃ 값을 얻을 수 있었다. 이 값은 히터가 실리콘으로서 온도저항계수의 부호가 양인 금속과 부호가 음인 실리콘의 중간형태의 특성으로 발열체로 사용하기에 충족할만한 온도변화에 따른 저항특성을 나타내었다.

발열체의 전기적인 특성을 알아보기 위해 인가전압 10V, 주파수 10kHz 및 펄스간격 1 $\mu$ s를 인가하고 4단자 전압, 전류 측정기를 사용하여 발열체에 흐르는 전류를 측정하여 이로부터 저항값의 변화를 알아 보았다. 또한 측정된 저항변화와 온도저항계수를 사용하여 발열체의 온도를 시뮬레이션을 통해 실행하였다.

그림 1의 (a), (b)는 전압 인가시 발열체의 저항과 소비전력의 전기적인 특성을 나타낸 그래프이다. 전압인가 시간동안 저항은 38 $\Omega$ 에서 약 68 $\Omega$ 까지 상승하였다. 또한 순간전력은 최대 2 watt를 보였으며 사용된 에너지는 약 1.06 $\mu$ J를 소비하였다.

그림 2는 코발트실리사이드로 제작된 잉크젯헤드의 발열체에 주파수 10kHz와 펄스간격 1 $\mu$ s 조건에서 인가전압에 따른 발열체의 저항값을 측정한 그래프이다. 잉크젯 프린터헤드의 발열체로 사용되기 위해서는 발열체가 안정된 저항변화를 보이는 전압에서 동작하여야만 수명이 오래갈 수 있다. 코발트실리사이드 발열체의 저항은 그림에서 보여주듯이 인가전압이 2V에서 10V로 증가할 경우 저항은 약 48 $\Omega$ 에서 35 $\Omega$  으로 감소하는 경향을 보여주었으며, 이후 18V 인가전압까지는 거의 일정한 저항값을 보였 주고 있다. 그러나 인가전압이 19V 에서 저항이 급격히 증가하여 파괴 전압을 나타내었다. 본 실험결과 2V에서 10V까지 인가전압에서 저항의 감소는 전압인가에 따른 발열체의 초기 온도상승으로 인하여 발열체와 Al 전극간의 접촉저항 감소에 기인한 것으로 판단

된다. 따라서 인가전압에 따른 저항의 변화를 최대한 줄이기 위해서는 제작된 발열체의 사전 열처리가 필요할 것으로 사료된다.

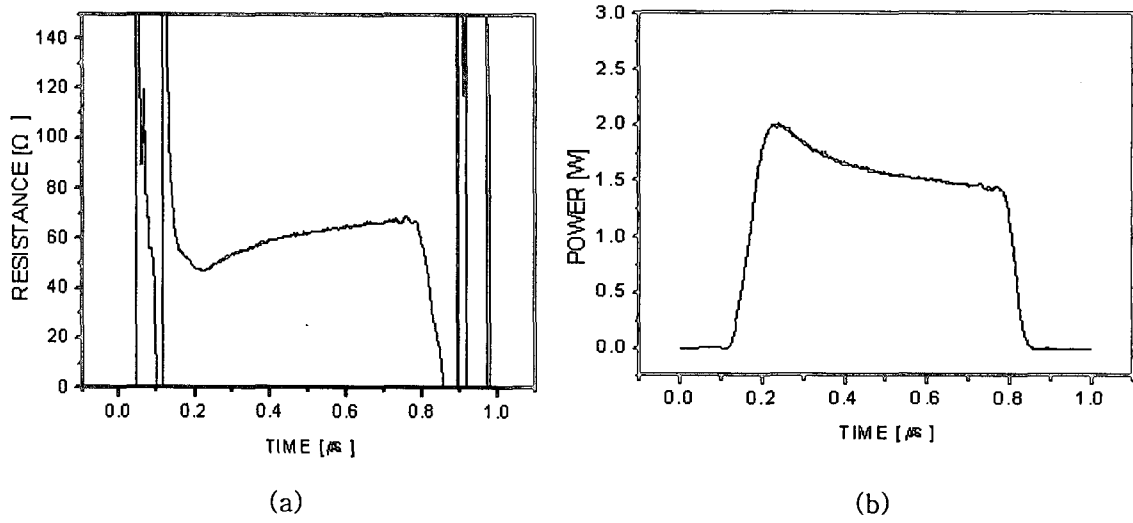


Fig. 1. Electrical properties of (a) the resistance and (b) the power curves of the heating element.

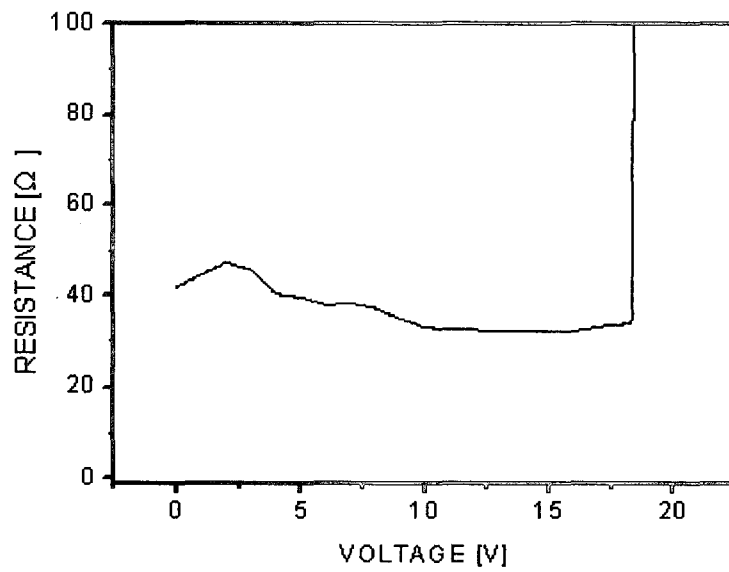


Fig. 2. Resistances of the heating element as a function of the applied voltage.

#### 4. 결론

형성된 코발트 실리사이드를 소형박막 잉크젯프린터 헤드의 발열체로 제작하여 형상 및 전기적 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

금속 Co 박막을 급속 열처리장치를 이용하여 800℃에서 20초 동안 질소 분위기에서 후속 열처리하여 발열체재료로서 안정한 CoSi<sub>2</sub> 실리사이드 박막을 형성하였다.

은 약 0.0014(1/℃) 값을 얻을 수 있었다. 발열체의 온도저항계수 값은 약 0.0014/℃ 값을 얻을 수 있었다. 인가전압이 2V에서 10V로 증가할 경우 저항은 약 48Ω에서 35Ω 으로 감소하는 경향을 보여주었으며, 이후 18V 인가전압까지는 거의 일정한 저항값을 나타내었다.

#### 참고문헌

- [1] Gregory T. A. Kovacs, *Micromachined Transducers Sourcebook*, McGraw-Hill, p. 855, 1997.
- [2] S. P. Murarka, *Silicide for VLSI Applications*, Academic Press, orlando, 1983.
- [3] A. Asai, Application of the nucleation theory to the design of bubble jet printers, *Japanese Journal of Applied Physics*. 28, p. 909~915, 1989.
- [4] S. Kamisuki, M. Fuji, 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.
- [5] F. Tseng, C.J kim, and C. Ho, "A Novel Micro-injector with Virtual Chamber Neck", *Proceedings of IEEE, The 11th Annual International Workshop on Micro Electro Mechanacal System*, p. 57~62, 1998.
- [6] K. E. Petersen, "Fabrication of an integrated planar silicon ink-jet structure", *IEEE Trans. Electron Devices*. ED-26, p. 1918~1920, 1979.
- [7] J. P. Baker, D. A. Johnson, V. Joshi and S. J. Nigro, "Design and development of a color themal inkjet print cartridge", *Hewlett-Packard J*. 39(4), p.6, 1988.
- [8] R. Beeson, "Desktop Inkjet-Redefining the Competitive Landscape", *Proc. of the 9th Annuual Ink Jet Printing Conference*, Scottsdale, 2000.
- [9] 장호정, 노영규, *J. Microelectronics & Packaging Soc.*, 9(2), p.49~54, 2002.