

열전대 접합모양이 써모파일의 출력특성에 미치는 영향

유금표, 최우석¹, 김재성, 이승환², 권광호, 민남기
 고려대학교 제어계측공학과
¹ 고려대학교 바이오마이크로시스템협동과정
² 충주대학교 기계공학과

Effects of Thermocouple Junction Shape on Output Characteristics of Thermopile

Kum-Pyo Yoo, Woo-Suk Choi¹, Je-Sung Kim, SeungHwan Yi², Kwang-Ho Kwon, Nam-Ki Min
 Department of Control and Instrumentation Engineering, Korea University
¹ Department of Biomicrosystem Technology, Korea University
² Department of Mechanical Engineering, Chungju University

Abstract - MEMS형 써모파일은 온도계, 유속, 가스, 칼로리미터 등 다양한 산업 분야에 응용 되고 있다. 현재 상용화되어 있는 대부분의 MEMS형 써모파일에서는 습식 이방성 에칭방식으로 다이어프램을 제작하고, 막의 구성은 산화막/질화막/산화막 혹은 산화막/질화막의 적층으로 되어 있다. 본 논문에서는 XeF₂시스템을 사용해 전면으로부터 에칭하여 저용력 질화막을 다이어프램을 제작하였고, 열전대 물질로는 poly-Si와 Al을 사용하였다. 그리고 각각의 열전쌍은 열접점에서 Al 패턴시, 사각형의 오픈 면적을 두어 접합된 모양을 달리하여 설계 제작하였다. 소자의 크기는 2×2㎜이고, 능동영역은 400×400㎜²이다. 써모파일의 출력은 적외선 램프의 전력이 3W(80℃)일 때, 오픈된 면적이 증가할 수록 출력이 증가하였으며, 오픈된 면적이 300㎜² 일때의 출력은 약 1μV로 나타났다. 이러한 특성으로부터 계산된 오픈된 면적에 따른 출력비는 약 0.3μV/㎜²이다.

그리고 써모파일의 열전쌍이 n개가 직렬로 연결이 되어 있을 때의 감도 S는

$$S = \frac{\Delta V_{AB}}{\Delta T} = n(\alpha_A - \alpha_B)$$

이다.

2.2 제작 과정

그림 1은 써모파일의 제작 과정을 나타내었다. 실리콘 기판은 p-type, (100), 4" 웨이퍼를 사용하였다.

열접점의 열전도율을 낮추기 위한 다이어프램을 제작하기 위해 저용력 질화막을 LPCVD공정으로 8000Å 증착한다. 증착된 저 용력 질화막 위에 열전 물질로 사용될 다결정 실리콘을 증착을 하고, 인(P)를 도핑한다. 다결정 실리콘의 두께는 2000Å이다. 인이 주입된 다결정 실리콘의 지벡 계수는 약 100~500μV/K 이다.[2] 인이 주입된 다결정 실리콘은 RIE를 사용하여 식각한다. 패턴이 형성된 다결정 실리콘 위에 알루미늄(Al)을 스퍼터를 사용하여 증착한다. 알루미늄의 두께는 1000Å이다. 이렇게 형성된 열전대는 다이어프램이 열접점이 되어 열을 직접 받게 되고, 실리콘에 둘러 싸여진 부분이 냉접점이 된다. 후체는 반응성 증착 방식을 사용하여 증착하게 된다. 마지막으로 다이어프램을 제작하기 위해 XeF₂ 에처를 사용하여 브릿지를 제작하게 된다. XeF₂ 가스는 에칭의 선택성이 우수하여 실리콘 이외의 물질은 에칭이 잘 안된다.[3]

1. 서 론

써모파일은 비접촉식 적외선 검출용 센서로서 민생용, 의료용, 산업용 및 군사용으로 매우 광범위한 응용분야를 갖고 있는 센서이다. 현재 개발되어 있는 써모파일은 반도체형의 소자가 주종을 이루고 있다.

기존의 써모파일은 습식 이방성 에칭방식으로 다이어프램을 만들고, 다이어프램의 물질로는 스트레스를 고려하여 산화막과 질화막의 적층 구조를 사용하였다. 그러나 이러한 구조는 공정이 복잡하고, 이방성 에칭방식에 따른 소자의 면적이 증가하게 된다. 그리고 열접점에서의 열전 물질의 모양에 따른 출력의 특성에 대한 연구가 진행되어 있지 않았다.

본 논문은 저 용력 질화막을 사용하여 다이어프램을 제작하고, 또한 XeF₂를 사용하여 전면 등방성 에칭으로 브릿지를 제작하여 써모파일을 제작한다. 그리고 열접점에서의 모양의 변화에 따른 출력의 특성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 이 론

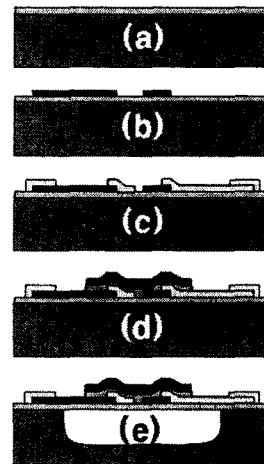
써모파일은 열전대를 직렬로 연결하여 마이크로 단위로 제작된 소자이다.

이러한 열전대의 주된 효과는 지벡 효과이다. 지벡 효과는 서로 다른 물질이 직렬로 연결되어 있을 때, 접점(열접점)과 비접점(냉접점)의 온도차이가 발생하면 비접점의 양단에 기전력이 발생하는 현상이다. 이때, 발생하는 전압과 온도차이의 비의 계수를 지벡 계수라 한다.

한 개의 열전쌍인 물질 A와 물질B에서 온도 차이에 의해서 발생하는 기전력은[1]

$$\Delta V_{AB} = (\alpha_A - \alpha_B)\Delta T$$

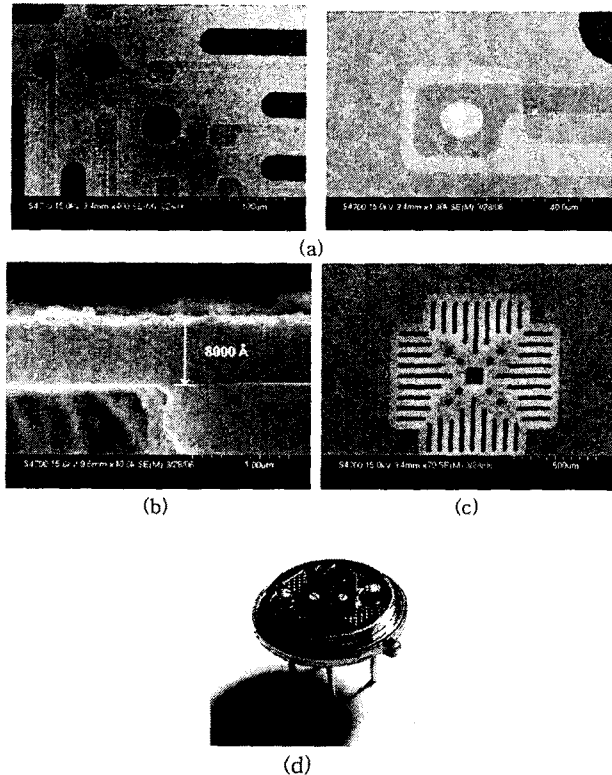
이다. 여기서, α_A, α_B는 각물질의 지벡 계수이고, ΔT는 열접점과 냉접점의 온도차이다.



<그림 1> 써모파일 제작 과정:(a)질화막 8000Å 증착, (b)인이 도핑된 다결정 실리콘 증착, (c)Al증착, (d)후체 증착, (e)XeF₂ 에칭

그림 2는 제작된 써모파일의 SEM 사진과 완성된 써모파일의 사진을 보여준다. (a)는 열접점에서의 다결정 실리콘과 알루미늄의 형성된 모양을 보여준다. 알루미늄의 오픈된 면적의 변화에 따른 출력을 확인 할 것이다. (b)는 다이어프램의 두께를 측정된 SEM 사진이고, (c)는 제작된 다이어프램이다. 이 다이어프램은 XeF₂로 등방성 에칭

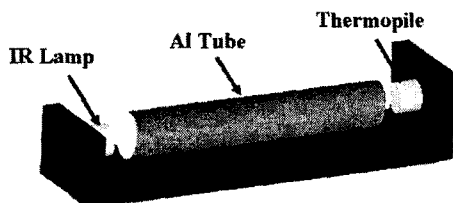
을 하기 위해서는 오픈된 모양을 효율적으로 디자인해야 한다. 따라서 각각의 열전대 사이를 오픈하여 에칭시간을 단축하고, 또한 중심 부분 사이 사이를 오픈하여 에칭이 잘 되지 않는 중간을 충분히 에칭이 되도록 하였다. 브릿지의 면적은 $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 이다. (d)는 완성된 써모파일을 TO-5 헤더에 장착한 모습이다.



〈그림 2〉 제작된 써모파일의 SEM 사진과 완성된 써모파일

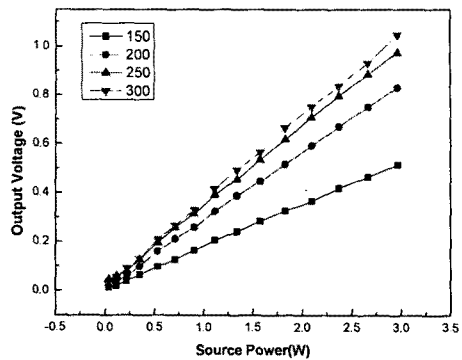
2.3 실험 결과

그림 3은 써모파일의 온도에 따른 출력을 측정하기 위한 시스템이다. 열원으로는 적외선 램프를 사용하였다. 또한 광 경로를 확보하기 위하여 알루미늄 튜브를 설치하였다. 적외선 램프의 열원의 온도를 측정하기 위해 기존의 제품(perkin elmer, TPS-434)을 사용하여 온도를 측정하였다. 3W일때의 온도 출력은 80 $^{\circ}\text{C}$ 이다. 출력을 측정하기 위해서 agilent사에서 제작된 디지털 멀티미터 34401A와 NI사의 labview를 사용하여 측정을 하였다.

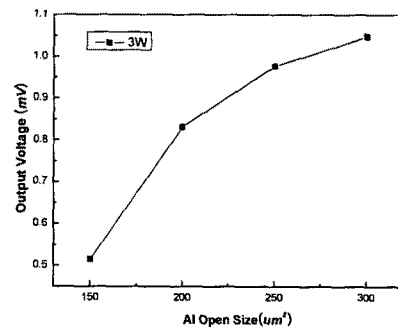


〈그림 3〉 써모파일 온도 특성 측정을 위한 측정시스템

그림 4는 써모파일의 출력전압을 나타낸다. (a) 그래프는 소스 램프의 파워에 따른 출력전압을 나타내었다. 알루미늄의 오픈된 면적이 증가할수록 출력되는 전압이 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 오픈된 면적이 $300 \mu\text{m}^2$ 일 때의 출력은 $150 \mu\text{m}^2$ 일 때보다 약 2.13배 향상된 것을 확인할 수 있었고, 또한, 오픈된 면적당 출력의 비는 $0.003746 \text{ mV}/\mu\text{m}^2$ 이다. 그리고 (b) 그래프는 3W일 때를 기준으로 알루미늄의 오픈된 면적에 따른 출력의 비를 나타내었다.



(a)



(b)

〈그림 4〉 써모파일의 열전점에 따른 출력 특성

3. 결 론

본 논문에서는 다이어프램 물질로서 저 응력 질화막을 사용하고, 후면 정렬이 필요한 이방성 에칭 대신 XeF_2 시스템을 사용해 전면으로부터 에칭하여, 복잡한 공정을 단순화 하였다. 또한, 열전점에서의 다결정 실리콘과 알루미늄의 접합 모양의 변화에 따라 출력이 변하는 것을 확인 하였다. 열전점의 알루미늄의 오픈된 면적이 증가 할수록 출력 전압이 증가 하였고, $300 \mu\text{m}^2$ 일 때의 전압이 $150 \mu\text{m}^2$ 일 때보다 약 2.13배 출력이 증가 하였다.

감 사 의 글

본 연구는 한국산업자원부 신기술 실용화 과제에의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] S.S. Allison, R.L. Smith, D.W. Howard, "A bulk micromachined silicon thermopile with high sensitivity," Sensors and Actuators A, vol. 104, 32-39, 2003.
- [2] J. Schieferdecker, R. Quad, E. Holzenkampfer, M. Schulze, "Infrared thermopile sensors with high sensitivity and very low temperature coefficient," Sensor and Actuators A, Vol 46-47, 422-427, 1995
- [3] Nim H. Tea, Veljko Milanovic, "Hybrid Postprocessing Etching for CMOS-Compatible MEMS," Journal of Microelectromechanical System, Vol. 6, No. 4, Dec 1997