

## 무전해 도금으로 제조한 마이크로 히트싱크

안현진<sup>a</sup> · 손원일<sup>b</sup> · 홍주희<sup>c</sup> · 홍재민<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>한국과학기술연구원 광전자재료연구센터  
<sup>b</sup>동국대학교 화학공학과, <sup>c</sup>서울시립대학교 화학공학과

### Micro-Heatsink Fabricated by Electroless Plating

Hyun Jin An<sup>a</sup>, Won Il Son<sup>b</sup>, Joo Hee Hong<sup>c</sup>, and Jae-Min Hong<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup>Optoelectronic Materials Research Center, KIST  
P.O.Box 131, Cheongyang, Seoul 130-650, Korea

<sup>b</sup>Department of Chemical Engineering, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

<sup>c</sup>Department of Chemical Engineering, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

**초 록:** 전자칩의 고집적화에 의해 전자기기들은 점점 소형화 되어가고 있으며, 이들 기기들에서 발생되는 열은 기기의 성능 저하뿐 아니라 수명을 단축시킨다. 본 연구에서는 효율적인 방열 위한 마이크로 히트싱크 제조를 위하여 멤브레인에 금속(금, 니켈, 구리)은 도금하는 무전해 도금 방법을 이용하였다. 무전해 도금은 폴리카보네이트 멤브레인을 sensitization과 activation 등의 전처리 후, 도금하고자 하는 금속염 수용액에 침적시켜 실행하였다. 무전해 도금에 의하여 제조된 각각의 마이크로피브릴의 열전달 특성과 방열량은 표면적이 가장 큰 니켈 마이크로피브릴에서 가장 우수하게 나타났다.

**Abstract:** Electronic devices are getting smaller due to integration of electronic chip, and heat generated in electronic devices can cause loss of performance and/or reliability of the devices. In this research, metals such as gold, nickel and copper are plated onto a porous membrane by electroless plating method to make an efficient micro-heatsinks. Electroless plating includes sensitization and activation steps in pre-treatment steps. A polycarbonate(PC) membrane was sensitized, activated and deposited in each metal solution for plating. Among manufactured microfibrils, heat transfer and radiation properties of Ni-microfibril with high surface area were more effective than those of Au<sup>-</sup> and Cu-microfibril.

**Keywords:** Heatsink, Electroless Deposition, Template, Microfibril, Membrane

### 1. 서 론

반도체 산업과 통신산업이 발전함에 따라 전자 부품과 시스템들은 점점 소형화, 집적화되고 있으며, 이에 따른 전자 패키징용 부품들의 단위면적당 열발생의 증가는 수명 단축과 신뢰성의 감소를 야기시킨다. 그러므로, 전자부품과 시스템들의 신제품 개발에 있어 열설계 및 관리는 필요불가결한

요소가 되었다.

전자 패키징용 부품 중 히트싱크의 heat spreader 및 chip carrier 등은 반도체칩 또는 세라믹 기판에 부착되어 반도체소자에서 발생하는 열을 원활히 발산하도록 유도한다. 이러한 히트싱크는 기본적으로는 냉각하고자 하는 열원과 직접 접촉하여 전달 받게 되는 기저판(base plate 또는 block 등)과 열원으로부터의 열을 대면적으로 전달하는 heat

\*Corresponding author  
E-mail: jmhong@kist.re.kr

spreader, 상기 기저판으로부터 전달받은 열을 주변공기로 전달하기 위하여 상기 기저판으로부터 돌출된 다수의 냉각 핀으로 구성된다. 효율적인 방열을 위해서는 히트싱크의 재료가 열전도성이 우수해야 하며 또한, 방열핀의 표면적이 커야 한다.<sup>1,2)</sup> 그러므로, 히트싱크의 효과적인 방열을 위하여 핀의 표면적을 극대화시켜 공기와 접촉하는 면적을 증가시키고, 기저판과 핀 사이의 열적 접촉에 대해 빈 공간이 없는 완벽한 밀착 상태가 가능하도록 개발이 진행되고 있다. 그러나, 종래 히트싱크의 방열핀은 제조 공정상 효과적인 방열을 위해 요구되는 최소 두께 제작에 대한 기술적 문제와 고단가로 인한 경제적 문제점을 가지고 있다.

상기 종래의 히트싱크를 통한 방열보다 방열핀의 크기를 소형화하면서도 냉각효율이 더 우수하여 방열 효율이 향상된 히트싱크 제조를 위하여 Hahm<sup>2)</sup> 등은 금 구조물에 무전해 구리도금을 한 히트싱크 제조에 관한 연구를 수행하였다. 무전해 금도금은 열전도성이 우수하지만 단가가 높아 비용 절감에 어려움이 있다. 알루미늄보다 비저항 값이 낮은 구리는 electromigration에 대한 저항이 커서 수명을 연장시킬 수 있는 장점이 있으나, 무전해 도금 실시 후 멤브레인이 제거되면 구조 유지에 어려움이 있다.<sup>2,4)</sup>

본 연구에서는 동일 크기의 기공을 갖는 폴리머 멤브레인을 이용한 무전해 도금 방법<sup>5)</sup>을 복합적으로 이용하여 금(Au), 니켈(Ni), 금/구리(Au/Cu), 니켈/구리(Ni/Cu) 등의 마이크로 히트싱크를 제조하고 열전달 특성을 비교하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 무전해 도금

마이크로 히트싱크의 제조는 폴리카보네이트 멤브레인에 금, 니켈, 구리를 이용한 무전해 금속

도금에 의하여 수행되었으며, 이를 위한 도금욕의 조건은 Table 1과 같다.

무전해 금속 도금은 sensitization과 activation 등의 전처리 과정과 도금 과정으로 이루어진다(Fig. 1). 무전해 금도금은 멤브레인을 tin chloride 6 g/l 와 trifluoroacetic acid 8 g/l로 제조한 sensitizing 용액에 3분간 처리한 후, 탈이온수(de-ionized water)를 사용하여 세척하고, silver nitrate 6.72 g/l, 1M-NaOH 용액과 암모니아수(ammonia water)로 제조된 activation 용액에 sensitizing 처리된 멤브레인을 3분간 처리한 후, 탈이온수에 세척하고 건조하는 전처리 과정을 갖는다. 또한, 무전해 니켈도금과 무전해 구리도금은 무전해 금도금과 같은 순서로 진행하나 sensitizing 처리 후  $7.05 \times 10^{-4}$  M의 PdCl<sub>2</sub>로 제조된 activation 용액에서 3분간 처리하고 탈이온수에 세척하는 전처리 과정을 갖는다. 전처리된 멤브레인은 미리 제조된 각각의 금속염 수용액에 침적시켜 무전해 금속 마이크로피브릴-금 마이크로피브릴(Au microfibril), 니켈 마이크로피브릴(Ni microfibril), 금/구리 마이크로피브릴(Au/Cu micro-

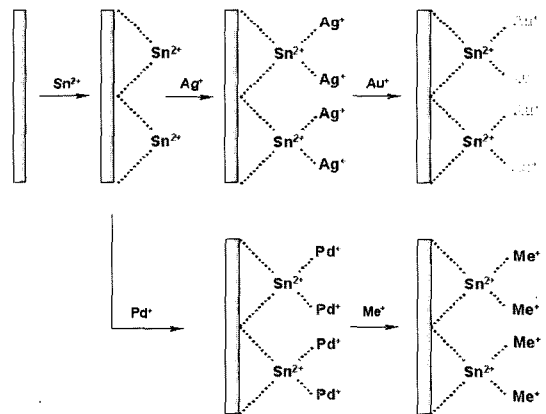


Fig. 1. Schematic of electroless metal plating process (Me\*:Cu or Ni).

Table 1. Bath composition and concentration for electroless plating of metals

Au Bath	Ni Bath	Cu Bath
$7.9 \times 10^{-3}$ M Na <sub>3</sub> Au(SO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.114M NiSO <sub>4</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.028M CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O
0.127M Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	0.114M NaHPO <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	0.088M C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> NaO <sub>6</sub> · 4H <sub>2</sub> O
0.625M HCHO(37%)	0.61M CH <sub>3</sub> COONa	0.1M NaOH
		0.1M HCHO

fibril), 니켈/구리 마이크로피브릴(Ni/Cu micro-fibril)-을 제조하였다.

2.2. 열전달 특성

열전달 특성 연구를 위하여 제조된 마이크로피브릴을 2×3×0.1 cm의 알루미늄 플레이트에 실버 페이스트로 고정하고 100°C에서 1시간 경화 후, methylene chloride를 이용하여 폴리카보네이트 멤브레인을 제거하고 건조하였다. 이와 같이 고정된 마이크로피브릴을 전압 조절이 가능한 히터가 장착된 알루미늄 블록 위에 부착한 후, 블록의 윗면 즉, 마이크로 히트싱크가 부착된 면에서만 대기에 의한 냉각이 이루어지도록 블록의 측면과 바닥면은 스티로폼으로 단열처리 하였다. 이때 두 판의 사이에는 열전달 접촉 저항을 감소시키기 위하여 실리콘 오일을 도포하였다. 블록의 양면에는 소형 온도 센서를 부착하여 가열된 블록이 마이크로히트싱크에 의하여 냉각될 때의 온도 변화를 측정하였다. 또한, 알루미늄 블록에 장착된 히터에 공급되는 전원의 전압을 조절하여 히터의 발열량을 다르게 하여 마이크로히트싱크의 냉각 효율을 비교 측정하였다. 마이크로 히트싱크의 열전달 특성 연구를 위한 개략도는 Fig. 2와 같다.

마이크로 히트싱크의 냉각 효율 비교 실험을 위한 reference는 일반 구리 플레이트를 실버 페이스트로 알루미늄 플레이트에 고정하여 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 무전해 도금

무전해 금도금, 무전해 니켈도금, 그리고 무전해 구리도금은 모두 자기 촉매반응 또는 화학적 환원 반응으로 Sn<sup>2+</sup>에 의한 sensitization 단계와 Ag<sup>+</sup>, Pd<sup>+</sup>에 의한 activation 단계를 거쳐 각각의 금속과 치환반응에 의해 도금이 진행된다. 이러한 전처리 과정은 폴리카보네이트 멤브레인의 기공과 한 면에서 고르게 일어나며, 멤브레인은 표면 장력에 의해 전처리 과정 동안 수용액에 완전히 침전되지 않고 수용액 표면에 떠있는 상태로 반응이 진행된다. 무전해 도금이 일어날 수 있는 반응기는 멤브레인의 기공 벽과 한 면에만 존재하므로 일종의 금속 마이크로튜브 멤브레인의 형성이 가능하다.

Fig. 3은 무전해 도금시 멤브레인의 기공 벽을

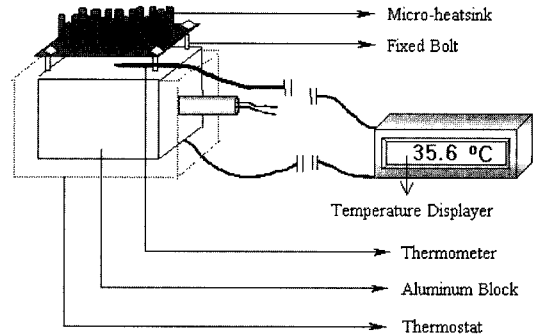


Fig. 2. Schematic diagram for measurement of heat transfer characteristics of micro-heatsink.

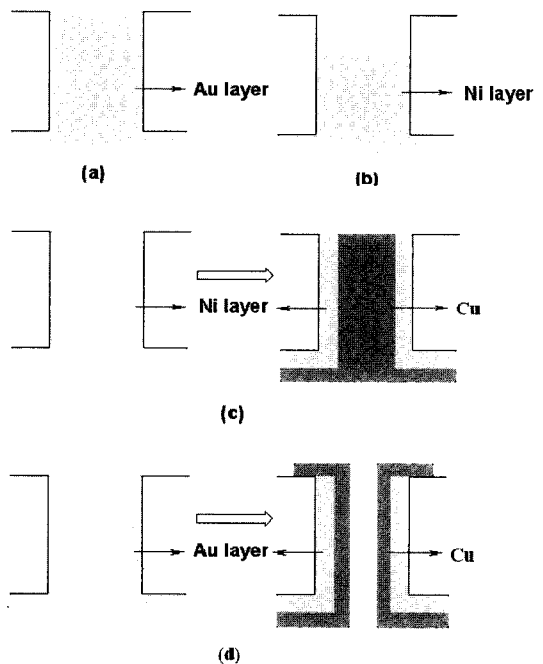


Fig. 3. Schematic illustrations for growth of micrometal fibrils through a pore of the membrane; (a) Au, (b) Ni, (c) Ni/Cu, (d) Au/Cu.

통해 성장하는 도금 금속의 모식도이다. 금은 도금시 입자들이 멤브레인의 기공 벽과 한 면에 균일하게 흡착되어 기공을 통해 완전히 성장하여 Fig. 3(a)와 같이 형성된다. 또한, 금결정들이 성장할 때는 멤브레인의 기공벽에서부터 성장이 시작되기 때문에 반응시간 조절에 의해 도금두께를 조절할 수 있다.<sup>2)</sup> 니켈 도금은 반응이 진행되면서 발생하는 수소 기체가 기공을 통해 배출되어 Fig. 3(b)와 같이 기공이 채워지지 않은 모양으로 성장하

는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 도금 반응시 수소 기체가 구리와 금보다 환원 속도가 빠른 니켈에서 다량 발생하여 기공을 채우지 못하기 때문으로 사료된다.<sup>6)</sup> 이때 니켈 도금욕의 온도는 40°C로 유지하며 교반하였다. 니켈/구리 마이크로피브릴의 제조를 위하여 멤브레인에 일정 두께의 니켈을 도금한 후 구리를 도금하였다(Fig. 3(c)). 금/구리 마이크로피브릴은 표면적에 따른 방열 특성 검토를 위하여 금을 일정 두께로 도금 후 Pd<sup>+</sup>에 의해 activation 처리를 한 후 구리 도금 시간을 조절하여 금도금 표면에만 구리 도금을 하였다(Fig. 3(d)).

도금된 결과는 주사전자현미경(scanning electron microscope ; SEM)을 이용하여 확인하였다(Fig. 4).

### 3.2. 열전달 특성

무전해 도금에 의해 제조된 마이크로피브릴의 방열량 측정실험은 알루미늄 플레이트(aluminum plate)에 각각의 마이크로피브릴을 고정시키고 일정 전압을 공급하며 알루미늄 블록의 양면에 설치

된 소형 온도 센서의 온도 측정에 의해 이루어졌다.

공급 열원의 전력(1.36W)을 고정시키고 제조된 마이크로피브릴의 시간에 따른 온도변화를 Fig. 5에 나타내었다.

5 μm 크기의 동일한 기공을 갖는 멤브레인을 이용하여 제조한 마이크로피브릴의 열전달 특성은 다른 마이크로피브릴보다 니켈 마이크로피브릴의 방열 효율이 가장 우수하게 나타났다. 이러한 결과는 니켈 도금 시에 기공이 완전히 막히지 않아 대기와 접촉하는 단위 방열 표면적의 상대적인 증가로 인하여 더 높은 방열 효과를 나타내기 때문으로 사료된다.

또한, 표면적에 대한 방열 특성 연구를 위하여 Fig. 3(d)와 같은 금/구리 마이크로피브릴을 제조하여 열전달 특성을 검토하였다. 그 결과 상대적으로 표면적이 작은 니켈 마이크로피브릴과 금 마이크로피브릴보다 금/구리 마이크로피브릴의 방열 특성이 낮게 나타났다. 이러한 원인은 마이크로피브릴의 기공 사이의 열은 방열이 되지 않아 표면에 대한 방열 효과가 크게 나타나지 않은 것

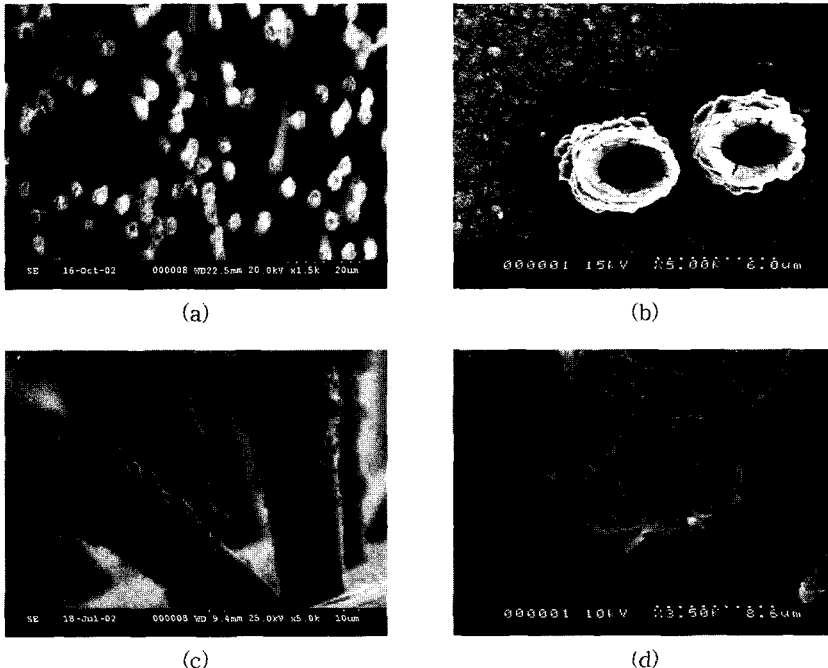


Fig. 4. SEM Image of microtubule with an outer diameter of 5 μm. (a) Au, (b) Ni, (c) Ni/Cu, (d) Au/Cu.

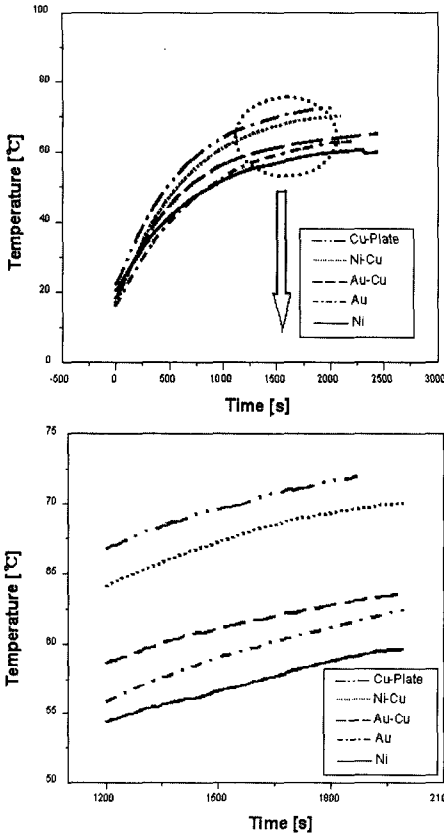


Fig. 5. Different heat transfer characteristics of micro-fibrils and Cu-plate(1.36W).

으로 판단된다. 그러므로, Fig. 3(b)와 같은 마이크로피브릴 구조가 히트싱크 제조시 적합하다.

본 연구에서 제조한 마이크로 히트싱크의 출력 변화에 따른 방열량을 일반 구리 플레이트의 방열량과 비교하여 Fig. 6에 나타내었다. 출력이 증가할수록 일반 구리 플레이트와 마이크로 히트싱크 사이의 온도 차이는 점점 감소하였다. 이러한 결과는 온도 증가에 따른 각각의 마이크로 히트싱크의 열전도율이 감소하여 방열량이 감소하는 것으로 판단된다. 그러나, 일정 출력에서 최대 방열을 나타내는 것은 제조된 마이크로히트싱크가 한계 방열량에 도달했음을 나타낸다.

#### 4. 결 론

발열하는 전자부품의 냉각을 위하여 폴리카보네이트 멤브레인에 무전해 도금을 실행하여 마이

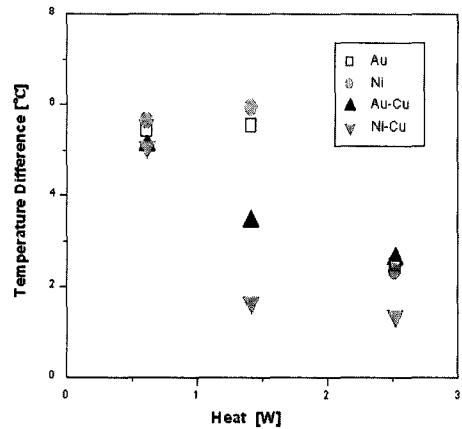


Fig. 6. Different heat transfer characteristics with the heat of heatsink and Cu-plate (Dia.5  $\mu$ m).

크로 단위의 히트싱크를 개발하였으며 개발된 마이크로히트싱크의 열전달 특성에 대하여 검토하였다.

폴리카보네이트 멤브레인에 무전해 도금을 실행한 결과, 무전해 금도금은 기공이 완전히 채워진 마이크로피브릴이 형성 되었으며, 무전해 니켈 도금에 있어서는 기공이 완전히 채워지지 않은 형태를 나타내었다.

멤브레인의 기공에 채워진 금속과 표면이 히트싱크의 방열핀과 모체역할을 수행하여 냉각팬을 사용하지 않은 자연대류 방식의 방열에 있어서 제조된 마이크로피브릴은 일반 구리판보다 뛰어난 방열 성능을 나타내었다. 금 마이크로피브릴과 니켈 마이크로피브릴의 방열 효율에 나타난 것처럼 히트싱크의 방열 효율은 금속의 열전도성보다는 히트싱크의 표면적에 의하여 크게 영향을 받는다.

그러므로, 도금과정에서 기공의 크기와 채워짐 정도의 조절에 의하여 열방출 효율이 극대화된 마이크로 히트싱크의 제작이 가능하다.

#### 참고문헌

1. 대한민국 공개 특허 2003-0083155
2. E. J. Hahm, W. I. Son, J-M. Hong, "Fabrication of Micro-Heatsink Using Nanotemplate", J. Microelectronics & Packaging Soc. 10(1), pp. 7-11(2003).
3. H. H. Hsu, K. H. Lin, S. J. Lin and J. W. Yeh, "Electroless Copper Deposition for Ultralarge-scale Integration", J. Electrochem. Soc., 148(1), C47-C53

- (2001).
4. J. F. Rohan, G. O'Riordan and J. Boardman, "Selective Electroless Nickel Deposition on Copper as a Final Barrier/Bonding Layer Material for Microelectronics Applications", *Appl. Surf. Sci.*, 185(3/4), pp. 289-297 (2002).
  5. J. C. Hulteen and C. R. Martin, "A General Template-based Method for the Preparation of Nanomaterials", *J. Mater. Chem.*, 7(7), pp. 1075-1087(1997).
  6. L. Xu and J. Liu, "Copper Thin Coating Deposition on Natural Pollen Particles", *Appl. Surf. Sci.*, 183(1/2), pp. 58-61(2001).