

나노 템플레이트를 이용한 마이크로 히트 싱크

함은주 · 손원일 · 홍재민

한국과학기술연구원, 정보재료소자연구센터

Fabrication of Micro-Heatsink using Nanotemplate

Eun Joo Hahm, Won Il Son, and Jae-Min Hong

Optoelectronic Materials Research Center, KIST
P.O.Box 131, Cheongryang, Seoul 130-650, Korea

초 록: 반도체 칩이나 전자 제품에 사용되는 부품들은 작동할 때 발열을 하게 되며 발생한 열이 적절히 제거되지 않을 경우 제품 오작동의 원인이 된다. 이러한 열을 제거하기 위해 히트싱크(heatsink)와 냉각 팬(cooling fan)을 조합한 냉각 구조가 사용된다. 그러나 히트싱크와 냉각 팬의 조합 구조는 복잡한 형상을 취하기 때문에 전기 전자 제품의 소형화 추세에 부응하기에는 어려움이 따른다. 냉각 효율은 히트싱크의 표면적과 히트싱크 제조시 사용된 재료에 따라 달라진다. 일반적인 냉각 구조의 한계를 극복하기 위한 방안으로써, Track-etched 멤브레인의 표면과 기공(pore)에 무전해 금도금과 구리 도금을 실행하여 크기는 작으면서 표면적을 증가시킨 마이크로 히트싱크를 제조하였다. 제조한 마이크로 히트싱크의 구조는 주사현미경(SEM)과 광학 현미경으로 관찰하였으며, 일반적인 구리보다 열효율이 우수함을 방열 특성 실험을 통해 관찰하였다.

Abstract: The semiconductor chips or electronic components generate heat, which causes malfunction of the parts when it was not cooled properly. Bulky heat sink and cooling fan are used to get rid of the heat. However, with this bulky system, it is hard to integrate the electronics system in a small scale. The cooling efficiency of the system depends on the surface area of the heat sink, thermal conductivity of the material and the method of integration. In order to develop a novel cooling system, a micro-heatsink with a large surface area while retaining small volume was fabricated by electroless deposition of gold/copper inside a Track-etched membrane. The structure of the micro-heatsink was investigated using SEM or optical microscope. It was also found that the micro-heatsink is more efficient than a flat copper plate.

Keywords: heatsink, cooling system, electroless deposition, nanotemplate

1. Introduction

집적회로 기판에 장착되는 발열부품들은 장시간 가동될 경우 제품 내부의 공기 온도상승을 유발시키고 이러한 열이 제거되지 않은 채 내부에 남아 있을 경우 전기 전자 제품의 오작동을 유발시킬 수 있는 요인이 된다. 최근 전기 전자 제품의 소형화, 고기능화 추세에 부응하여 장착되는 부품이나 반도체 칩들 또한 기능의 효율성은 증대하고

크기는 소형화되어 집적 회로 기판에 장착되는 밀도는 증가하게 되었다. 또한 이러한 고기능화 소형화된 부품이나 칩들은 기존의 발열 부품보다 그 발열량도 증대되어 장시간 가동할 경우 적절한 냉각 구조가 필요하다¹⁻⁴. 이러한 열을 제거하기 위해서 가장 보편적으로 사용되는 방법은 히트 싱크를 발열 부품에 부착하여 효율적인 방열을 유도하는 것이다⁵. 히트 싱크는 발열 부품의 발열면에 부착되는데 히트 싱크의 모체가 그 열을 전달받아 방

열핀으로 전달하게 되면 방열핀은 그 열을 방열함으로써 냉각 효과를 가져오는 역할을 수행하게 된다. 효율적인 방열을 위해서는 히트 싱크의 재료가 열전도성이 우수해야 하며 효율적인 방열 역할을 수행하는 방열핀의 구조와 방열핀의 표면적이 커야 한다. 최근에는 히트 싱크와 냉각 팬 또는 냉각 액체를 함께 사용하는 방법도 제시되었지만 이러한 냉각 구조 형태는 냉각 효율은 증가시키지만 구조 자체의 크기와 복잡성으로 인해 전자 제품의 소형화 추세에는 부응하기 어렵다. 열전달성이 우수한 금속은 구리, 금, 알루미늄, 스테인레스 강 등이 있으며 마이크로 단위의 히트 싱크를 제조하기 위해서 기공의 크기가 나노에서 마이크로 단위에 이르는 멤브레인을 이용한 무전해 금속도금 방법을 택하였다. 그러나 폴리머 멤브레인의 한면과 기공의 벽에 무전해 구리도금만 실시한 뒤 멤브레인을 제거하면 히트싱크의 모형을 유지하지 못하고, 무전해 금도금만 실시할 경우 열전도성이 우수하면서 히트싱크의 모형을 유지하게 되지만 비용 절감이 어려우리라 예상된다. 따라서 본 연구에서는 방열핀의 크기와 두께가 마이크로단위인 히트 싱크를 폴리머 멤브레인을 이용한 무전해 금속도금 방법을 복합적으로 이용하

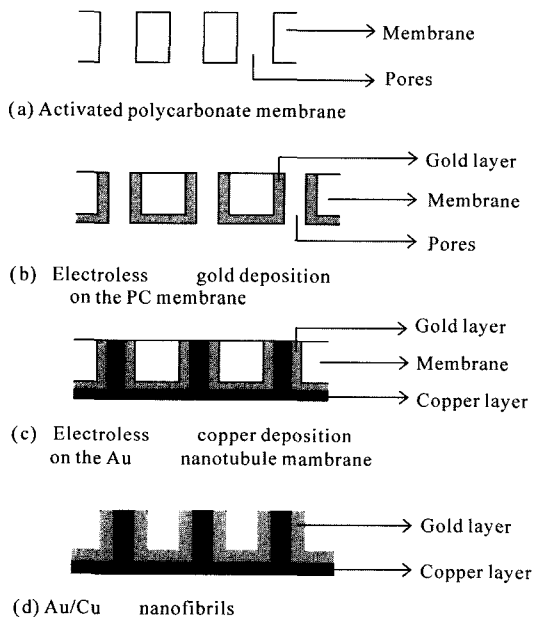


Fig. 1. Preparation of Micro heat-sink of the PC membrane.

마이크로전자 및 패키징학회지 제10권 제1호 (2003)

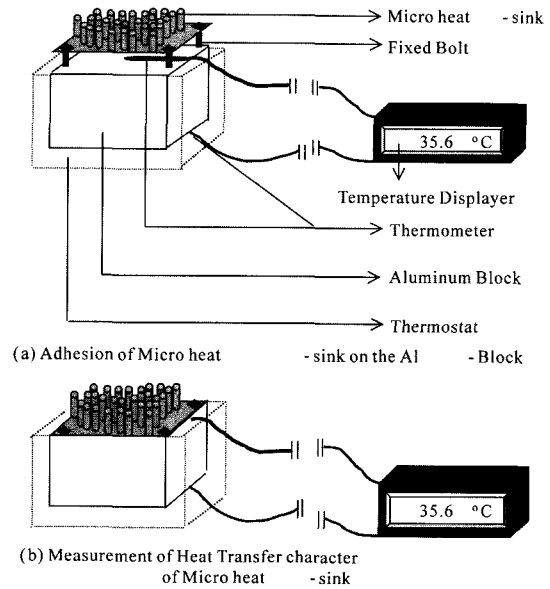


Fig. 2. Measurement of Heat Transfer Characteristics of Micro heat-sink.

여 마이크로 히트싱크를 제조하고 그 열효율성을 측정하였다.

2. Experimental

마이크로 히트 싱크를 제조하기 위해서 폴리카보네이트 멤브레인에 무전해 금속 도금을 실행한 뒤 멤브레인을 제거하는 과정으로 진행하였다. 먼저 무전해 금도금을 실시하기 위해서 폴리카보네이트 멤브레인에 두 단계의 전처리 과정을 수행하였다. Sn²⁺로 센시타이징을 실행한 뒤 Ag⁺로 활성화를 시킨후 무전해 금도금을 멤브레인에 실행하고 반응이 종결된 뒤 탈이온수로 세척하고 25%질산 수용액에서 세척하고 다시 탈이온수를 사용하여 세척을 한 다음 대기중에서 건조하였다⁶⁻⁸⁾. 금이 도금된 멤브레인(나노튜브)에 다시 무전해 구리도금을 실행하는데 일반적인 구리 도금과는 달리 전처리 과정은 포르말린 처리 한 단계만 하거나 Pd²⁺처리를 한 뒤 포르말린 처리를 진행하는데 이는 Cu²⁺이온의 환원 반응을 활성화하기 위한 단계이다⁹⁻¹⁰⁾. 구리도금은 일종의 hollow fiber인 금나노튜브의 기공(Pore)가 완전히 막힐 때까지 진행하며 반응이 종결된 후 물세척을 여러 차례 실행하여 수용액이 남아있지 않게 하고 대기중에서

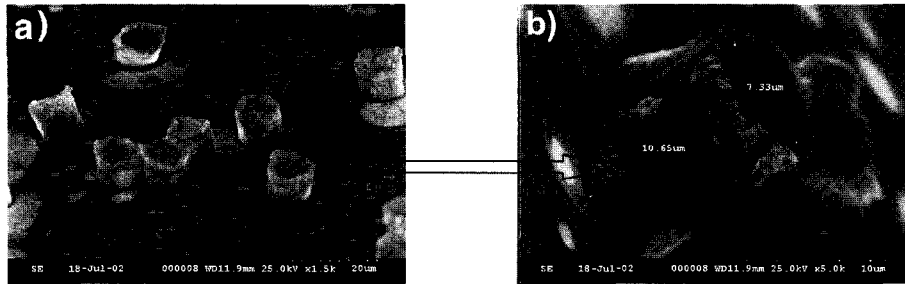


Fig. 3. SEM image of the Au-nanotubule with an outer diameter of 10 μm prepared by electroless deposition on the PC membrane. a) Image of Au-nanotubes, b) Image of single Au-nanotubule.

건조하였다. 무전해 금속 도금을 실행할 때 멤브레인은 표면 장력에 의해 수용액에 가라앉지 않으며 멤브레인의 한 면과 기공(Pore) 벽에서 반응이 진행되고 금과 구리는 모두 자기 촉매 반응이므로 반응 중 특별한 촉매의 작용이 필요하지 않다¹¹⁾. 멤브레인은 용매를 사용하여 제거가 가능하였으며 그림 1에 마이크로 히트싱크의 제조 방법을 도식화하여 나타내었다. 또한 마이크로 히트싱크의 방열효과를 측정하기 위하여 그림 2의 장치를 제작하여 사용하였다.

3. Result and Discussion

폴리 카보네이트 멤브레인에 무전해 금도금을 하기 위해서는 두 단계의 전처리 과정이 필요하다. 먼저 SnCl₂ 수용액에서 Sn²⁺를 폴리머 멤브레인의 표면에 흡착시키고 AgNO₃수용액에서 Ag⁺를 Sn²⁺에 흡착시킴으로써 활성화가 진행된다. 금수용액에서 Au²⁺가 환원되면서 무전해 금도금이 시작된다. 폴리카보네이트 멤브레인에 무전해 금도금을 한 결과는 다음의 SEM 관찰에 의해 확인 할 수 있었다. 금결정들이 형성되어 성장할때는 멤브레인의 기공(Pore) 벽에서부터 성장이 시작되기 때문에 도금되는 두께 조정은 반응 시간 조절에 의해 가능하다. 금이 도금되는 속도는 일반적으로 상온에서 40~50 nm/hr이며 저온(2°C)에서는 8~9 nm/hr 정도이다⁶⁾. 그림 3의 결과는 기공(Pore)크기가 10 μm인 멤브레인을 사용하여 무전해 금도금을 상온에서 약 2시간 반응시킨 결과이며 기공(Pore) 벽에서부터 성장하여 금이 도금되었음을 알 수 있었다. 그림 3의 (a)는 기공(Pore)벽과 멤브레인의 한면에 금이 도금된 결과의 전체 관측 결과

를 보이는 것이며 (b)는 기공(Pore)벽에 도금된 결과를 관측한 것으로 일종의 할로우메탈 형상을 취하고 있음을 알 수 있으며 비어있는 기공(Pore)는 무전해 구리도금에 의해 채워짐으로써 나노피브릴을 형성할 수 있다.

Au²⁺는 활성화 단계에서 흡착되어있던 Ag⁺와 치환되면서 도금이 되는데 이때 포름알데하이드가 환원제로 작용하고 Au²⁺이온은 환원되면서 특별한 촉매의 작용이 없이 금입자들이 성장하면서 금도금이 진행된다. 따라서 무전해 금속 도금은 화학적 환원 반응 또는 자기 촉매 반응이라고도 하며 자기촉매 반응에는 무전해 금도금 이외에도 무전해 구리도금, 무전해 니켈도금 등이 있다¹¹⁾. 그림 4는 무전해 구리도금에 의해 위의 그림 1과 같은 나노튜브 형태의 멤브레인의 기공(Pore)가 완전히 막힌 상태, 일종의 나노피브릴 형태를 보이고 있다.

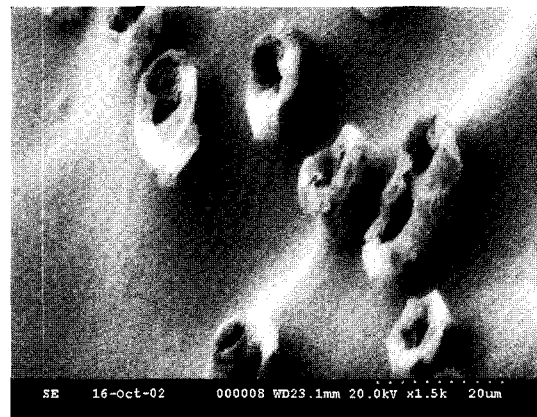


Fig. 4. SEM image of Au/Cu nanofibrils with an outer diameter of 10 μm.

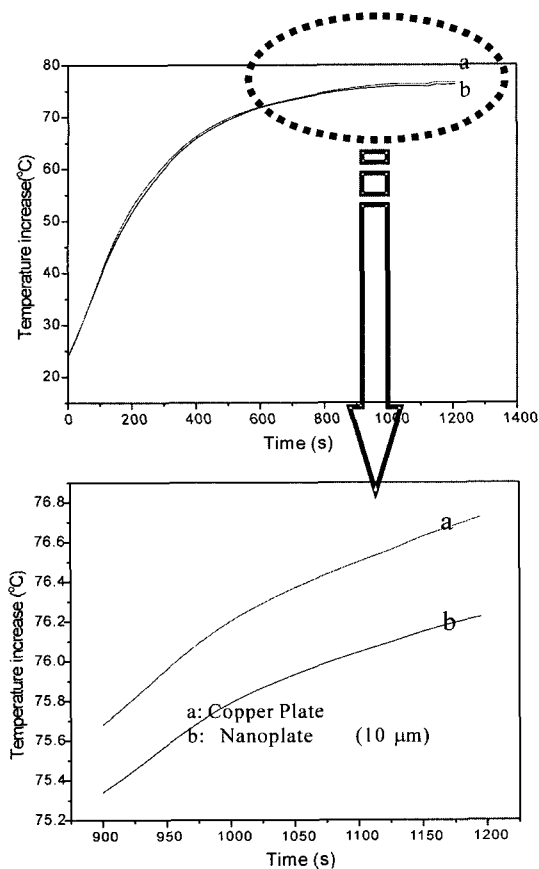


Fig 5. Different heat transfer characteristics with the surface area of Au/Cu nanofibril and Cu-palte.

그림 4에서는 Track-etched 멤브레인을 사용하여 무전해 금도금을 실행한 뒤 무전해 구리도금을 실행하여 할로우 상태였던 기공(Pore)을 완전히 막음으로써 나노피브릴이 형성되었음을 관찰할 수 있었다. 그림의 나노피브릴의 중앙과 겉의 색이 다른 것은 중앙부분이 구리가 성장한 것이고 겉부분은 무전해 구리 도금전의 금층에 해당되기 때문이다. 또한 무전해 금도금시 반응 시간을 일정하게 유지하여 형성되는 금층의 두께를 유사하게 제조하였기 때문에 금도금 후 비어있는 기공(Pore)의 지름도 각각 다르게 유지되므로 무전해 구리 도금시 반응시간은 기공(Pore) 지름에 따라 각각 다르게 된다. 그림 4는 그림 3의 금나노튜브에 무전해 구리도금을 실행하여 나노피브릴을 형성한 결과이다. 일반적으로 나노피브릴의 밀도나 기공(Pore) 밀도는 기공(Pore) 지름이 작아질수록

증가하며 이것은 제조되는 나노플레이트의 표면적이 증가함을 의미한다. 이러한 표면적의 차이는 열전달 특성 측정에 영향을 주는 요인으로 작용하게 되며 열전달 특성 측정 결과는 그림 5와 같다. 열전달 특성은 알루미늄 블록에 제조된 나노플레이트를 접착한 뒤 가열온도를 80°C로 고정한 뒤 a)는 일반 구리판을 사용하여 측정한 결과이며, b)는 기공(Pore)지름이 10 μm인 멤브레인을 사용하여 제조한 나노피브릴을 이용하여 측정한 결과이다. 일반 구리판보다 기공(Pore)지름이 10 μm인 멤브레인을 사용하여 제조한 나노피브릴의 표면적이 크기 때문에 방열량이 증가하여 구리판보다 낮은 온도가 측정되었다.

가열조건과 단열 조건이 일정하고 방열 구조가 동일할 경우 표면적이 큰 플레이트의 방열량이 커지게 되므로 기공(Pore)지름이 10 μm보다 작은 멤브레인을 사용하여 동일한 방법으로 나노플레이트를 제조하여 열전달 특성을 측정한다면 표면적에 비례하여 방열량이 증가할 것이다.

4. Conclusion

폴리카보네이트 멤브레인의 한 면과 기공(Pore)에 무전해 금속 도금을 실행 한 뒤 멤브레인을 제거 하면 나노플레이트와 같은 형태의 마이크로 히트 싱크를 제조 할 수 있으며 이러한 마이크로 히트 싱크는 그 표면적에 따라 서로 다른 방열량의 차이가 있다.

무전해 도금은 일반적으로 폴리머 멤브레인에 센스타이징과 활성화와 같은 전처리 단계를 처리한 뒤 실행하며 본 연구에서는 무전해 금도금을 실행할 때 전처리 과정을 실행하였으나 무전해 구리도금을 실행할 때는 환원작용을 돕는 포르말린 처리만을 하여 나노플레이트를 제조하였다. 또한 기공(Pore) 지름이 다른 멤브레인을 사용하여 서로 다른 표면적을 가지는 나노플레이트를 제조하였으며 표면적의 차이에 따라 서로 다른 열전달 특성을 보임을 알 수 있었다.

References

1. 대한민국 공개 특허 1999-0061830.
2. 대한민국 공개 특허 1998-056592.

3. 대한민국 공개 특허 2002-0048844.
4. 대한민국 공개 특허 2000-0004469.
5. 대한민국 공개 특허 1999-0064907.
6. Vinod P. Menon and Charles R. Martin, *Anal. Chem.*, 67, 1920-1928 (1995).
7. S.B. Lee and C.R. Martin, *Chem. Mater.*, 13, 3236-3244 (2001).
8. M.S. Kang and C.R. Martin, *Langmuir*, 17, 2753-2759 (2001).
9. L. Xu and J. Liu, *Appl. Surf. Sci.*, 2001, 183, 58-61.
10. Y.M. Lin and S.C. Yen, *Appl. Surf. Sci.*, 178, 116-126 (2001).
11. J.R. Henry, *ELECTROLESS (AUTOCATALYTIC) PLATING*, 437-441.