

AlN 분말을 이용한 방열 Sheet의 제조와 그 특성

김상문^{1,a}, 이석문²

¹ 아셈

² (주)수퍼나노텍

Preparation and Characteristics of Heat-releasing Sheet Containing AlN(aluminum nitride) Powder

Sang-Mun Kim^{1,a} and Seok-Moon Lee¹

¹ ACEM, Gumi 730-853, Korea

² Supernanotech, Incorporated, Daegu 704-190, Korea

(Received May 10, 2012; Revised May 14, 2012; Accepted May 15, 2012)

Abstract: In this paper, heat-releasing sheets made of AlN powder and acryl binder as thermoset were prepared using tape casting method. The crystal structure and morphology, the thermal properties as nonvolatile solid content and thermal conductivity, and the surface resistance of heat-releasing sheet were measured by using X-ray diffractometer, field emission-scanning electron microscopy, thermo gravimetric analyzer and laser flash instrument, and surface resistance meter. It was proved that thermal conductivity is greatly affected by the content of binder in heat-releasing sheet. Superior thermal conductivity above 3.5 W/mK and surface resistance were obtained at heat-releasing sheet with above 90% of AlN powder.

Keywords: Heat-releasing, Thermal conductivity, AlN

1. 서 론

반도체 칩의 고집적화에 수반하여 전기전자 부품의 소형화가 시장에서 요구되고 있으며, 소형화 결과로 발생하는 부품의 방열문제로 야기되는 부품의 품질저하와 같은 문제들을 극복한 방열특성을 향상시킨 부품들이 그 부품을 이용하는 제품과 사용자들에게 주목받고 있다. 특히 반도체 소자에서 회로의 높은 집적도와 전력의 대용량화로 인해 사용 시 소자에서 상당한 열이 발생하여 소자의 기능을 저하시킬 뿐만 아니라 주변소자의 오동작, 기판의 열화 등의 원인이 되고 또한 방열을 효율적으로 하지 않을 경우 충분한

방열을 위한 공간이 소요되므로 기기를 소형화, 경량화 시키기가 어려워 방열이 효과적으로 잘 이루어지는 기구적 방열 수단과 방열 재료의 개발에 대한 연구에 관심이 집중되고 있다 [1]. 방열 문제의 해결 수단으로써 소형 전기 부품의 표면에 방열 유닛을 설치하는 방법들이 이 기술 영역에 있어 폭넓게 이용되고 있지만 종래의 방열 장치와 전기 부품과의 접촉 표면에는 요철이 있어, 긴밀히 접촉을 이루기 어렵고, 전기 부품의 방열 효율을 효과적으로 향상시키기에는 한계가 있다. 따라서 방열 장치와 전기 부품과의 접촉 표면의 사이에 고열 전도 재료를 이용한 시트를 설치함으로써, 이 양쪽의 접촉면적을 증가시켜 방열 효과를 향상시키려는 여러 가지 연구들이 진행되고 있다 [2]. 종래에는 방열 재료로 운모와 같은 세라믹

a. Corresponding author; lmoksm@paran.com

계통의 재료를 사용하였으나 이 경우 절연특성은 우수하나 열전도성이 낮고 탄성이 없어 외부 충격으로부터 소자들을 보호하지 못하기 때문에 최근에는 거의 사용되지 않고 있다고 보고되고 있으며 열전도 계수가 크고 가격이 싼 열 전도재, 예를들면, 흑연, SiO_2 , Al_2O_3 등의 입자들이 폴리머 재료에 혼입되어 형성된 복합 재료의 형태로 이루어진 방열시트들이 널리 사용되고 있는데 이와 같은 방열시트의 열전도성은 대체로 열전도재와 폴리머 재료와의 조합에 의하여 결정된다. 예를들면, 기재가 유지 또는 상 변화 재료인 복합 재료가 액체 상태로 이용될 경우 열원의 표면의 대부분에 젖기 때문에 열저항이 작아지지만 기재가 실리카·겔 또는 고무인 복합 재료 상태로 가 이용된 경우, 열저항이 커진다. 그리고, 이들 열전도 재료는 열전도도가 1 W/mK 정도이고, 열전도도가 작다는 결점이 있기 때문에, 소형 전기 부품의 방열에 적합하지 않다. 또, 폴리머 재료에 혼입되어지는 열전도 입자의 수량을 증가시켜 입자 사이를 서로 접촉을 증가시킬 경우 복합 재료의 열전도성능을 높일 수 있다. 그러나 혼입되어진 열전도 입자가 너무 많을 경우, 그 복합 재료는, 예를 들면, 유지가 딱딱해지는 것이 원인으로, 원래가 우수한 열전도 특성이 떨어지는 문제가 생긴다. 따라서 전자소자에 있어서 효과적인 방열을 위한 방열시트는 열전도성이 우수할 뿐만 아니라 분산이 잘 되고, 방열시트 내에서 단위 체적 당 많이 존재할 수 있을 뿐만 아니라 방열시트의 표면전기 저항이 높은 것이 요구된다 [3,4].

본 연구에서는 방열특성이 우수한 AlN 분말을 이용한 방열 시트를 제작하여 방열시트의 특성을 평가하였다.

2. 실험 방법

AlN-분말을 열가소성 아크릴계 바인더와 메칠셀룰로스와 톨루엔을 첨가하여 소정의 비로 혼합 후 3 roll mill을 이용하여 분산시켜 paste를 제조하였다. 그리고 tape casting 방법으로 실리콘 이형제가 도포된 PET 필름 위에 두께 1 mm로 도포 후 105°C 에서 1시간 건조시켜 PET 필름에서 도포된 층을 떼어낸 후 2장의 도포층을 포개어 70 pascal 150°C 에서 30초 압착하여 두께 1 mm의 방열 시트를 제작하였다. 제작된 방열시트에 대하여 Rigaku사의 X선 회절 분석기 SWXD (X-MAX/2000-PC)를 이용하여 결정상 동

정을 시도하였으며, JEOL사 전자현미경 JSM-6701F를 이용하여 방열 시트의 미세 구조 분석을 시도하였고 TA Instrument사의 열분석기 Auto-TGA Q500으로 방열시트의 가열감량 특성을 평가하였고, Netzsch사의 열전도 측정기 LFA 447을 이용하여 방열시트의 열전도도를 측정하고, Vermason사의 H780을 이용하여 방열시트의 표면 전기저항 특성을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 방열시트에 사용된 AlN 분말에 대한 전자 현미경 사진이다. 현미경 사진으로부터 AlN 분말 입자는 큰 입자가 깨어져 분쇄된 것처럼 특정한 형태를 가지지 않는 것으로 보이며 입자마다 제각기 불규칙한 형상을 하고 있을 뿐만 아니라 $1\sim 3 \mu\text{m}$ 크기를 가지고 있음을 볼 수 있다.

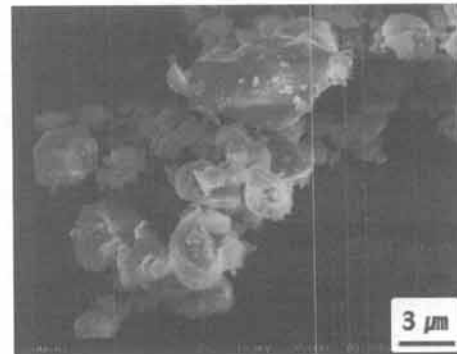


Fig. 1. SEM image for AlN powder used to heat-releasing sheet.

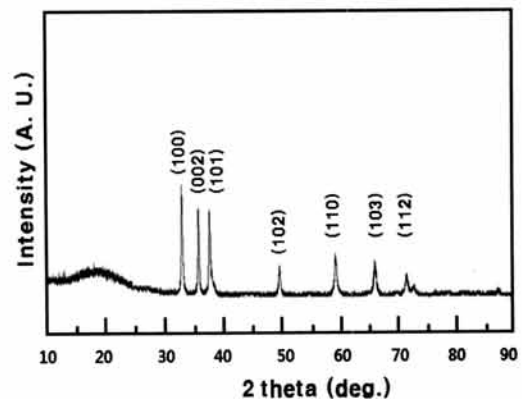


Fig. 2. XRD patterns for heat-releasing sheet containing AlN powder.

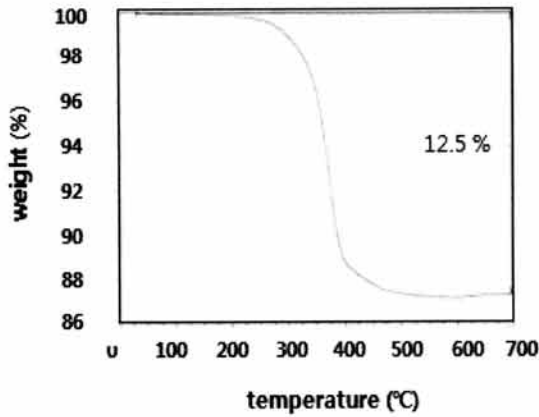


Fig. 3. Result of thermal analysis for heat-releasing sheet containing AlN powder.

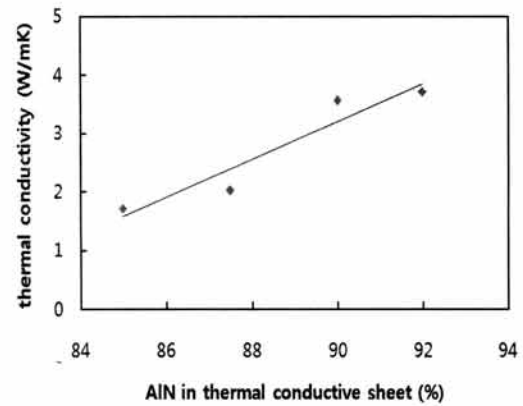


Fig. 5. Thermal conductivity for heat-releasing sheet according to the change of content of AlN powder.

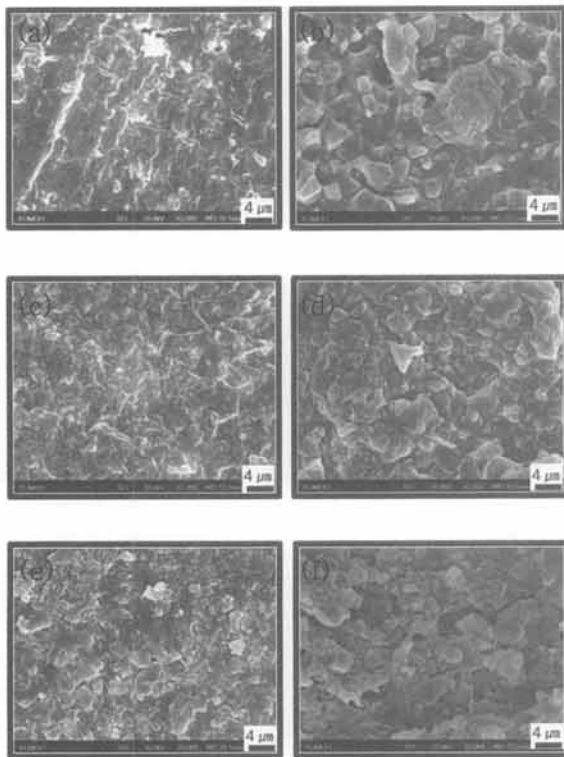


Fig. 4. SEM images for heat-releasing sheet according to the change of content of AlN powder. (a) plane at 85% AlN (b) cross-section at AlN 85% (c) plane at 87.5% AlN (d) cross-section at AlN 87.5% (e) plane at 92% AlN (f) cross-section at AlN 92%.

그림 2는 방열 시트에 대하여 X선 회절 분석한 것을 나타낸 결과이다. 그 결과, 측정된 회절 peak와

hexagonal AlN의 결정면에서의 회절 peak가 일치하는 것으로 보아 방열 시트에서는 hexagonal AlN 분말이 사용된 것으로 확인되었다.

그림 3은 방열 시트에서 열분석기를 이용하여 가열 감량 특성을 평가한 결과이다. 200°C에서부터 감량이 일어나며 270°C부터 변곡이 일어나면서 가열감량이 일어나 500°C를 전후하여 무게 감소는 거의 끝나는 것을 볼 수 있는데 200°C에서의 무게 감소는 유기 용제 성분의 휘발에 기인한 것이고 270°C에서 500°C까지의 무게 감소는 방열 시트에 사용된 열가소성 아크릴 바인더의 분해에 기인한 것으로 생각된다. 그리고 가열 감량 곡선으로부터 고분자 성분은 방열시트에서 12.5% 정도이고 나머지 87.5%는 AlN 분말인 것으로 나타나고 있다. 따라서 100°C 미만에서 사용되는 방열시트에서는 열분해는 거의 일어나지 않는다고 생각된다.

그림 4는 방열 시트를 구성하는 무기 고형분 AlN의 함량 변화에 따른 방열 시트의 전자현미경 사진들이다. 무기 고형분의 함량이 85%일 경우 평면사진 (a)에서는 AlN 입자들의 형상이 뚜렷하게 나타나지 않고 있으며 단면 사진(b)에서도 AlN 입자들의 형상이 보이나 부분적으로 보이고 있다. 무기 고형분의 함량이 87.5%일 경우 평면사진 (c)에서는 입자들 간의 경계가 보이나 완전히 나타나 보이지 않으며 단면 사진 (d)에서도 입자들의 형상이 잘 나타나고 있다. 무기 고형분의 함량이 92%일 경우 평면사진 (e)에서는 평면사진 (a), (c) 보다 훨씬 더 뚜렷하게 입자들의 형상과 입자들 간의 경계가 보이며 단면사진 (d)

Table 1. Surface resistance of heat-releasing sheet according to the change of content of AlN powder.

AlN 85%	AlN 87.5%	AlN 90%
$1 \times 10^{12} \Omega$	$1 \times 10^{12} \Omega$	$1 \times 10^{12} \Omega$

에서도 입자들 간의 형상과 경계가 (b), (d) 보다 더 명확하게 나타나고 있음을 볼 수 있다. 이처럼 무기 고형분 함량이 증가함에 따라 입자들의 형상과 경계가 뚜렷하게 나타나는 이유는 방열시트 내에서 아크릴 바인더의 함량이 줄어든 결과라고 판단되며 무기 고형분 85%일 경우 바인더에 둘러싸여 있는 관계로 입자들의 형상이 잘 나타나지 않았으며 바인더의 함량이 줄어들어 따라서 입자들의 형상과 입자들 간의 경계가 잘 나타나게 되었다고 판단된다.

그림 5는 열전도성 방열시트 내에서 AlN 무기 고형분의 함량 변화에 따른 방열시트의 열전도성을 나타낸 것이다. AlN 고형분이 85%일 경우 1.8 W/mK 이던 것이 87.5%에서 2.1 W/mK, 90%일 경우 3.5 W/mK이고 92%일 때 3.6 W/mK로 무기 고형분의 함량이 증가함에 따라 열전도성이 증가되는 것으로 나타나고 있는데 그것은 바인더의 함량이 줄어든 것에 기인되며, 바인더가 열전도에 있어서 장벽으로 존재하여 열전도를 떨어뜨리는 결정적인 요인이라고 생각된다.

표 1은 AlN 분말을 사용한 방열시트의 표면저항을 상온에서 측정된 결과이다. 3종류의 시료 모두 표면 전기저항이 $10^{12} \Omega$ 이상으로 나타나고 있다. 방열시트에서는 표면 열원부 또는 전자소자와 방열시트가 접촉되어 방열이 이루어지기 때문에 열전도 특성이 우수해야 할 뿐만 아니라 전기적으로 부도체인 것이 요구되고 있다. 표 1의 상온에서의 전기저항 측정 결과로부터 AlN 분말을 이용하여 방열시트를 제작할 경우 전기적으로 부도체인 것이 확인되고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 AlN 분말을 이용한 방열 시트를 제작 하여 방열시트의 구조분석, 열전도 특성 및 전기저항 특성을 평가하였다. 그 결과 사용된 AlN 분말은 1~3 μm 의 크기를 갖는 hexagonal형 AlN 분말인 것이 확인되었고 방열시트에서 바인더 함량을 줄이고 반면에 85%에서 92%로 AlN 함량을 증가시켰을 경우 방열시트의 미세구조에 변화가 생기면서 열전도 특성이 3.5 W/mK 이상으로 증가하였고 표면전기 저항은 모두 $10^{12} \Omega$ 으로 나타난 결과를 얻었다. 이로써 AlN 분말을 방열시트에 적용할 경우 우수한 방열특성을 얻을 수 있다는 것이 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 이공계전문기술지원서포터즈 사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2011-C7210-1101-0001)

REFERENCES

- [1] H. C. Mun, *Weekly Technical Trend*, 1405, 1 (2009).
- [2] M. J. Shin, *Phys. & High Tech*, 11, 11 (2008).
- [3] Y. Tomoyoshi, *Jpn. Pat. App.*, 211055 (2005).
- [4] J. S. Lee and D. Y. Jeon, *Poly. Sci. and Tech*, 18, 542 (2007).
- [5] Y. Akio and K. Yasuhiro, *Jpn. Pat. App.*, 142638 (2003).