

고방열 특성을 갖는 복합체 시트의 제조와 그 특성

김상문^{1,a}, 이석문²

¹ 아셈

² (주)슈퍼나노텍

Preparation and Characteristics of the Excellent Heat-releasing Composite Sheet Containing AlN and Graphite Powder

Sang-Mun Kim^{1,a} and Seok-Moon Lee²

¹ ACEM, Gumi 730-853, Korea

² Supernanotech, Incorporated, Daegu 704-190, Korea

(Received May 10, 2012; Revised May 22, 2012; Accepted May 23, 2012)

Abstract: In this paper, heat-releasing composite sheets made of AlN, graphite, Al powder and acryl binder as thermoset were prepared using tape casting method. The crystal structure, morphology, thermal conductivity of heat-releasing composite sheet were measured by using X-ray diffractometer, field emission-scanning electron microscopy and laser flash instrument. It was found thermal conductivity of sheet was decided by solid content, composition including AlN, graphite, Al in heat-releasing composite sheets. As a result, 4.56 W/mK of thermal conductivity could be obtained by using LFA 447.

Keywords: Heat-releasing, Thermal conductivity, AlN, Graphite

1. 서 론

전자기기 및 반도체 소자의 소형화, 고성능화 및 고기능화에 따라 CPU와 집적회로 (IC)를 비롯한 전자제품의 고집적화와 전력의 대용량화로 개발이 진행되고 있는데, 이에 동반한 발열량의 상승 및 불필요한 전자파 발생은 소자의 기능을 저하시킬 뿐 아니라 주변 소자의 오작동 및 기관의 열화 등의 원인이 될 수 있다. 또한 열의 방출이 디바이스의 신뢰성 및 수명과 밀접한 관련이 있다. 소형 TV에서 부터 대형 벽걸이형 TV차량용 네비게이션 노트북 모니터 그리고 디지털카메라나 캠코더 등 다양한 제품에 적용되고 있는 액정표시장치 (LCD)에 있어서도 발열은 비용 색도열화 등의 과제와 함께 해결해야할 문제이다

특히 액정 표시 장치의 중요 부품인 백라이트는 절전형 제품이라도 30인치의 LCD TV의 경우 100 W에 가까운 전력을 소비하는데 여기서 발열이 문제가 된다 [1]. 방열 문제의 해결 수단으로써 소형 전기 부품의 표면에 방열 유닛 또는 방열 시트를 설치 또는 부착하는 하는 방법들이 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 방열효과를 향상시키려는 여러 가지 연구들이 진행되고 있다 [2]. 방열시트에 사용되는 고방열 재료의 소재 성분을 살펴보면 고열전도성 필러 소재와 고분자 소재가 혼합된 복합 소재가 대부분이다. 복합 소재를 사용하는 이유는 고

a. Corresponding author: lmoksm@paran.com

열전도성 무기 필러 소재가 열전도성이 우수하나 접착력이 없고 고분자 소재가 접착력은 우수하나 열전도성은 낮기 때문이다. 이러한 소재들의 장점을 활용하여 복합시트를 제조하여 목적으로 하는 열전도 특성을 확보하려는 시도가 활발히 진행되고 있다 [3,4].

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

2. 실험 방법

2.1 열전도성 소재의 설계

고열전도성 시트의 열전도성을 향상시키기 위하여 열전도도를 우선적으로 고려하였다. 열전도도 λ 는 일반적으로 다음의 항목의 곱으로 나타나고 있다.

$$\lambda(\text{W/mK}) = \text{열확산도}(\text{mm}^2/\text{s}) \times \text{비열}(\text{J/g/K}) \times \text{시트의 비중}(\text{g/cm}^3)$$

열전도성 분말로써는 당연히 열전도성이 우수한 것이 요구되겠지만 열확산도가 우수해야 할 뿐만 아니라 비열특성이 우수한 것이 요구되며, 임의의 두께를 갖는 열전도 시트 내에서 단위 체적 당 열전도성 물질이 가능한 많이 존재할 필요가 있다. 따라서 열전도성 무기 필러의 비중은 낮은 것이 요구된다. 열전도성이 우수한 물질에 대하여 검토한 결과 표 1에 나타내었다. 표 1로부터 전기저항특성, 열전도도, 1/비중의 특성을 고려 시 AlN과 BN, AlN과 graphite, AlN과 SiC, SiC와 BN, SiC와 graphite 등의 조합이 추천할 만하다.

본 연구에서는 제조비용 측면과 열전도도 측면을 고려하여 AlN과 graphite의 조합에 대한 열전도도 특성을 검토한 후 최적의 조합조건에서 Al을 첨가하였을 때의 열전도 특성을 검토하였다.

2.2 열전도성 시트 제작

AlN (aluminium nitride), graphite, Al 분말을 열가소성 아크릴계 바인더와 톨루엔을 첨가하여 소정의 비로 혼합 후 planetary mixer를 이용하여 분산시켜 도료를 제조하였다. 그리고 tape casting 방법으로 실리콘 이형제가 도포된 PET 필름 위에 두께 1 mm로

Table 1. Physical properties of thermal conductive materials.

material	specific gravity (g/cm ³)	1/specific gravity (cm ³ /g)	thermal conductivity (W/mK)	electric resistance
graphite	2.2	0.45	128	X
Al ₂ O ₃	3.9	0.26	33	◎
SiC	3.21	0.31	175	△
AlN	3.3	0.30	165	◎
BN	1.9	0.53	130	◎
Ag	10.5	0.10	360	X
Al	2.7	0.37	175	X
Cu	8.93	0.11	320	X

X : bad, △: commonness, ○: good, ◎: very good

도포 후 105℃에서 1시간 건조시켜 PET 필름에서 도포된 층을 떼어낸 후 2장의 도포층을 포개어 70 pascal 150℃에서 30초 압착하여 두께 1 mm의 방열시트를 제작하였다. 제작된 방열시트에 대하여 Rigaku사의 X선 회절 분석기 SWXD (X-MAX/2000-PC)를 이용하여 결정상 동정을 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 측정하여 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 본 연구에 사용된 열전도성 필러로 사용된 분말의 전자 현미경 사진을 나타낸 것이다.

그림 1로부터 AlN 분말은 입상형으로 1~3 μm 정도의 크기를 가지고 있으며 graphite 분말은 육각 판상형은 아니지만 판상형 형태로 1 μm 내외의 크기를 가지고 있으며 Al 분말은 평균 구상에 가까운 모습으로 20 μm 정도의 크기를 가지고 있음을 볼 수 있다.

그림 2는 제조된 방열시트에서 결정상의 동정을 하기 위하여 X선 회절 분석을 실시한 결과이다. AlN 분말은 육방정계형 AlN으로 판명되었고, graphite, Al에서는 graphite와 Al 고유의 결정상의 회절 peak를 나타내고 있음을 볼 수 있다.

그림 3은 AlN 분말에 graphite 분말을 첨가하여 무기 고형분 함량이 87.5%로 하였을 때 무기 고형분 함

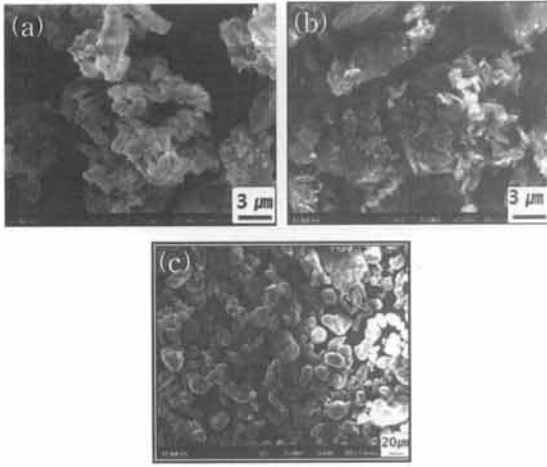


Fig. 1. SEM images for thermal conductive powders used to heat-releasing sheet. (a) AlN, (b) graphite, (c) Al powder.

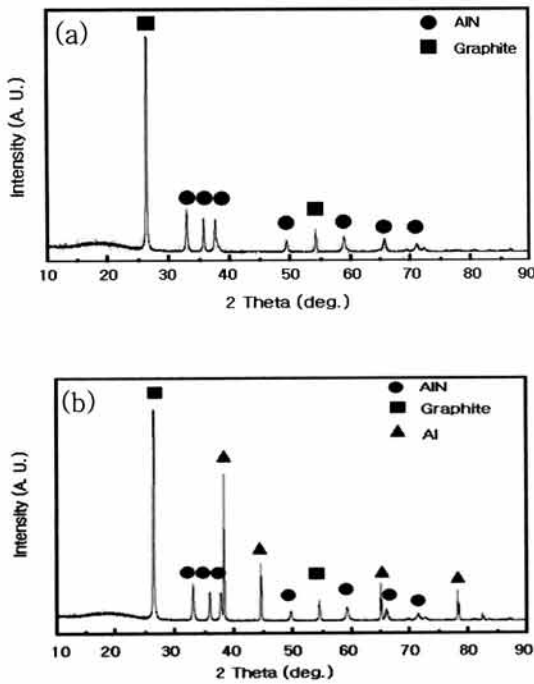


Fig. 2. XRD patterns for heat-releasing composite sheets containing AlN, graphite and Al powders. (a) heat-releasing sheet with AlN, graphite powders, (b) heat-releasing sheet with AlN, graphite and Al powders.

량 중 AlN과 graphite의 함량비를 변경하였을 경우 제조된 방열 시트의 미세구조를 전자 현미경으로 분석한 것이다.

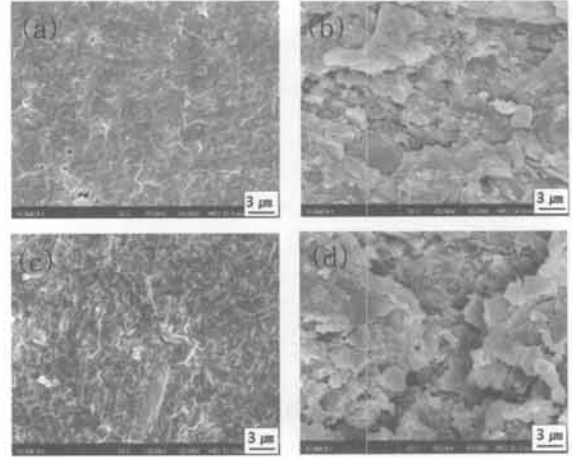


Fig. 3. SEM images for heat-releasing composite sheets according to the change of content of AlN and graphite powders. (a) plane of sheet with AlN 30% and graphite 70%, (b) cross-section of sheet with AlN 30% and graphite 70%, (c) plane of sheet with AlN 70% and graphite 30%, (d) cross-section of sheet with AlN 70% and graphite 30%.

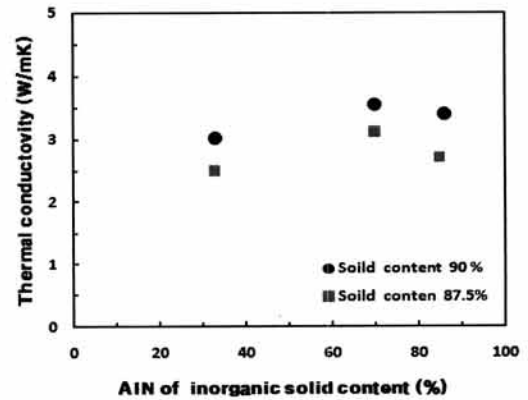


Fig. 4. Result of thermal analysis for heat-releasing composite sheet containing AlN and graphite powders.

그림 3에서 평면 사진의 경우는 입자들의 형상이 뚜렷하게 나타나 보이지 않으나 단면 사진에서는 입자들의 형상이 관측되고 있다. 특히 (a), (b)와 같이 무기 고형분 중 graphite의 함량이 많을 경우 1 μm 내외의 흑연 입자가 주로 관측되며 1~3 μm 크기의 입상형 AlN의 모습도 관측되고 있다. (c), (d)와 같이 사용된 무기 고형분 함량 중 AlN이 70%, graphite가 30% 정도 사용되었을 경우 평면에서도 입자들의 형

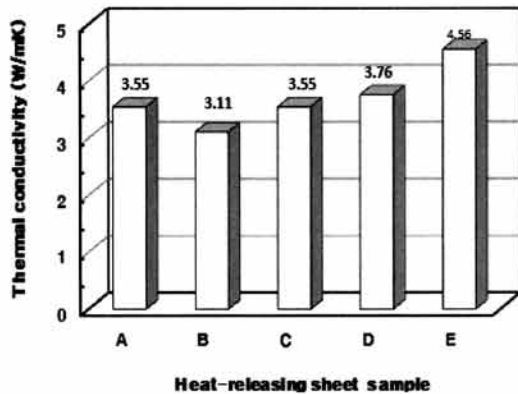


Fig. 5. Thermal conductivity for heat-releasing composite sheet according to the change of sheet composition.

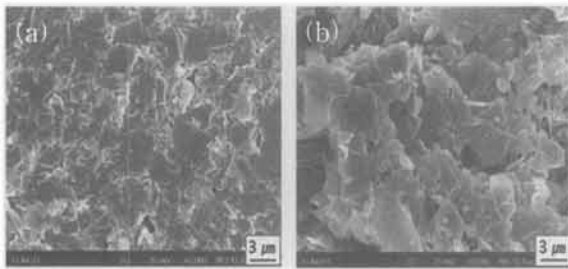


Fig. 6. SEM images for heat-releasing composite sheet with 92% of solid content including AlN, graphite and Al powders. (a) plane, (b) cross-section.

상이 나타나고 있으며 특히 단면 사진에서는 큰 입자를 갖는 AlN 분말과 $1\ \mu\text{m}$ 의 흑연 분말이 혼합되어진 구조를 나타내고 있음을 볼 수 있다.

그림 4는 AlN과 graphite 분말을 혼합한 복합시트에 대하여 바인더를 제외한 무기 고형분을 구성하는 AlN과 graphite 중에서 AlN의 함량을 변화시켰을 때 고형분 90%와 87.5%로 하여 복합시트를 제조하여 열전도도를 측정하는 것이다. 표 1에서와 같이 bulk 상의 물질에서는 높은 열전도율이 나타나지만 binder, 용제와 함께 복합시트로 제조되어질 경우 tape casting 후 건조 공정에서 용제의 증발로 인한 내부 기공의 형성과 또 열전도성 입자들이 비전도성 물질인 바인더로 피복되어진 관계로 그림 4에서와 같이 2~4 W/mK의 낮은 열전도율로 나타난다고 생각된다. 또 그림 4에서 보듯이 모든 시료는 2 W/mK 이상으로 나오고 있으며 고형분 90%로 제조하였을 경우 더 우수한 열전도 특성을 나타내고 있으며 AlN 70%와 graphite

Table 2. Thermal conductivity for heat-releasing composite sheet according to the change of sheet composition.

		A	B	C	D	E
AlN	(%)	70	70	70	40	40
Graphite	(%)	30	30	23	30	30
Al	(%)	0	0	7	30	30
Solid content	(%)	90	87.5	87.5	87.5	92
Solid conductivity	(W/mK)	3.6	3.1	3.6	3.8	4.6

30% 조합비로 첨가하였을 때 열전도도가 3.55 W/mK로 가장 잘 나오고 있다.

이것은 AlN 입자들 간의 공극이 열전도도가 우수한 graphite 입자들로 메꾸어진 결과라고 생각된다.

Graphite 함량을 높여서 복합시트를 제조할 경우 도료에서 첨가되는 무기 필러들의 분산성이 나빠지기 때문에 대신에 사용되는 Al을 첨가하여 AlN의 함량과 고형분을 변화시켜 복합시트를 제조하고 그 때의 열전도도를 측정하여 그 결과를 표 2와 그림 5에 나타내었다.

측정 시료 C의 경우 고형분 87.5%임에도 불구하고 흑연의 함량을 줄이고 $20\ \mu\text{m}$ 크기의 Al 분말을 7% 첨가한 것인데 고형분 90%인 A시료와 동일한 열전도도를 나타내고 있다. 즉 Al의 첨가로 열전도도가 증가 되는 것이라고 생각되며 AlN 함량을 줄이고 Al 첨가량을 늘이고 고형분 함량을 변경한 시료 D와 E에서는 열전도도가 3.8 W/mK, 4.6 W/mK로 더 크게 증가한 것으로 나타나고 있다. 따라서 시트의 고형분, AlN과 graphite의 조합비율과 Al 첨가량이 영향인자로 작용하며 이중에서 고형분 변경이 가장 큰 영향인자로 나타나고 있다.

그림 6은 그림 5에 나타낸 E시료에 대하여 복합시트의 미세구조를 전자현미경으로 분석한 것이다. 그림 6으로부터 판상형 입자들의 크기와 형상이 잘 나타나고 있는 단면 사진과 같이 평면사진에서도 입자들의 형상이 잘 나타나고 있는 점이 그림 3에서 나타낸 고형분 87.5%의 복합시트 평면 사진과 다르다는 것을 알 수 있다. 이것은 고형분 증가로 바인더 함량이 최소화되고 열압착 처리에 의하여 입자들 간의 접촉이 치밀하여지고 전기적 절연물인 AlN 입자들 사이에 열전도성이 우수한 Al이 첨가되어진 것에 기인한 것이라고 생각된다.

4. 결 론

본 연구에서는 AlN, graphite, Al 분말을 이용한 복합체 시트를 제작하여 방열시트의 구조분석, 열전도 특성 평가하였다. 그 결과 1~3 μm 의 hexagonal 형 AlN 분말과 1 μm 정도의 graphite 분말을 조합할 경우 AlN 70%, graphite 30%로 구성된 시트에서 무기고형분 90%일 때 가장 우수한 열전도 특성을 확보할 수 있었고, 20 μm 의 Al을 첨가할 경우 AlN 40%, graphite 30%, Al 30%로 구성된 방열시트에서 고형분 92%일 경우 4.6 W/mK로 가장 우수한 열전도성을 확보할 수 있었다.

REFERENCES

- [1] H. C. Mun, *Weekly Technical Trend*, 1405, 1 (2009).
- [2] M. J. Shin, *Phys. & High Tech*, 11, 11 (2008).
- [3] J. S. Lee and D. Y. Jeon, *Poly. Sci. and Tech*, 18, 542 (2007).