

소결조제에 따른 질화 알루미늄의 열전도도 특성

Thermal conductivity of AlN with various sintering aids

영남대학교 김 현 태, 오현석, 양 철 기

1. 서론

반도체 칩의 고속화, 고직접화, 소형화에 따라 소자에서 발생하는 열방출량이 증가하므로 소자의 오동작과 성능의 열화를 막기 위해서 package 재료로 높은 열전도도의 물질이 요구되고 있다. 이러한 재료로 적합한 열적, 전기적, 기계적 성질을 고루 갖춘 재료로 각광받는 재료는 질화 알루미늄이다. 그러나, 질화 알루미늄은 강한 공유결합을 하고 있어 소결이 어렵고, 불순물 산소에 의해 열전도도가 제한을 받는다. 소결조제를 첨가하여 소결하면 치밀화와 산소의 영향을 제어하여 높은 열전도도를 얻었다는 보고가 있으며, 이에 대한 연구도 계속되고 있다.

본 실험에서는 치밀화를 위해서 소결조제로 Y_2O_3 와 CaO를 첨가하고, 결합방정식에 따라 알루미늄 공극을 감소시켜 열전도도를 향상시키리라 기대되는 Li_2O , BeO를 동시에 첨가하여 소결하여 보았으며, 탄소량의 변화에 의해서 소결체의 물성이 많은 차이를 보이므로 탄소에 의한 영향도 연구하였다.

2. 실험방법

질화 알루미늄 분말(Tokuyama Soda F grade)에 소결조제 $Y_2O_3(1m/o)$, CaO(3m/o)와 각각의 소결조제에 복합적으로 $Li_2O(1m/o)$, BeO(1m/o)를 첨가하여 batch를 만들었다. ball mill로 혼합하고, 건조한 다음 조립하여 분말을 준비하였다. 이렇게 준비된 분말을 원반형태로 일축가압 성형하고, 소결하기에 앞서 degassing으로 결합제와 윤활제를 제거하였다. 열처리한 성형체를 SiC crucible의 AlN + BN분말에 embedding하였고, 흑연 로를 사용해서 여러가지 온도(1750, 1850, 1950°C)에서 질소를 흘리면서 소결하였다. 소결체의 밀도를 측정하고, 주사 전자현미경으로 파단면을 관찰하였다. 잔류 산소와 탄소의 양을 Leco사의 gas 분석기로 분석하였으며, 열전도도는 정상상태법과 섬광법을 사용하여 측정 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

AlN 의 소결에서 Y_2O_3 , CaO 및 Li_2O , BeO 등이 복합적으로 첨가된 시편들은 1850 °C 이상의 온도에서 4 시간 소결했을 때, 상대밀도가 98 % 이상 충분한 밀도화가 이루어졌다. 1850 °C 에서 소결한 시편의 미세구조와 열전도도의 값을 비교해 본 결과, 측정된 시편의 소결밀도 및 결정립의 크기가 열전도도에 영향을 미치지 않을 만큼 충분히 큰 것을 알 수 있었다. AlN 조립분말을 제조할 때 합입되는 탄소(결합제, 윤활제 등)를 제거하기 위한 degassing 공정을 변화시켜 본 결과, degassing 공정에 따라 열전도도의 변화가 나타났으며, 이는 잔류 탄소량이 열전도도에 영향을 미친 것으로 생각할 수 있으므로, 탄소를 의도적으로 첨가하여 그 영향을 정량적으로 분석하고 있다. Y_2O_3 , CaO에 Li_2O 와 BeO를 복합적으로 첨가한 소결시편의 경우, Li_2O 가 복합적으로 첨가된 시편의 열전도도 값은 Y_2O_3 , CaO만을 첨가한 시편과 비슷하였으나(110 W/mK), BeO가 복합적으로 첨가된 시편은 열전도도가 많이 낮아졌다(60 W/mK). 본 실험에서 Li_2O , BeO를 복합적으로 첨가한 이유는 이들 이온이 소결중에 AlN 격자내에 용해된다면 phonon 산란의 주요인인 Al vacancy를 줄일 수 있을 것으로 생각했기 때문이나, 열전도도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보아, AlN 격자내에 용해되어 들어가지 않거나, 용해되었어도 원자량의 차이($\Delta M / M$)가 커서 phonon 산란을 효과적으로 줄이지 못하는 것으로 생각하고 있다.

참 고 문 헌

1. Anil V.Vikar, " Thermodynamic and Kinetic Effects of Oxygen Removal on the Thermal Conductivity of Aluminum Nitride ", J. Am. Ceram. Soc., 72 [11], 2031-42(1989)
2. Ran-Rong Lee, " Development of Thermal Conductivity Aluminum Nitride Ceramic ", J. Am. Ceram. Soc., 74 [9], 2242-49(1991)
3. M.P.Borom, G.A.Slack and J.W.Szymaszek, " Thermal Conductivity of Commercial Aluminum Nitride ", Ceramic Bulletin 51, No.11(1972)