

실리카 슬러리에 첨가된 알루미나가
Langasite의 기계·화학적 연마에 미치는 영향
Effect of Alumina Addition to the Silica Slurry
on the Chemical Mechanical Polishing of Langasite

장 영일, 윤 인호, 임 대순
고려대학교 재료공학과

Abstract

Langasite, a new piezoelectric material was polished by CMP(chemical mechanical polishing). To enhance the polishing rate, alumina abrasives were added to commercial ILD1300 slurry which contains silica abrasive. The effect of added alumina to the silica slurry on the polishing rate and damage of langasite was investigated. Experimental results show that the polishing rate and roughness increases with increasing added alumina particle size. Crystallinity of the langasite is also lowered by alumina addition.

Key words : *Langasite, CMP, Alumina, Slurry, Roughness*

1. 서론

단결정 langasite($\text{La}_3\text{Ga}_3\text{SiO}_{14}$)는 1980년 대 중반부터 성장 방법이 보고된 이래로 SAW(Surface Acoustic Wave)필터 소자의 기판으로 응용이 유망한 재료이다^{1,2)}. 기존의 압전기판 재료로 많이 사용되는 quartz는 570°C 분극에서 상변태를 하기 때문에 제조시 공정온도에 제약을 받으며 고온에서 사용이 불가능하다³⁾. 그러나, langasite는 1470°C까지 상변태가 발생하지 않으므로 이러한 문제점을 극복할 수 있다. 또한 quartz에 비하여 2~3배의 큰 piezoelectric coupling coefficient 및 wide pass band를 지니고 있어 고주파용

소자로 응용이 가능하다. 하지만 이와같은 우수한 특성에도 불구하고 품질계수가 작은 것으로 알려져 있는데 이런 현상은 langasite의 정밀 연마 기술이 아직 확립되어 있지 않아 연마시 발생하는 표면 결함에 기인한다는 보고가 있다⁴⁾. 일반적인 연마 방법으로 가공시 표면 결함을 방지하기 위해 collidal silica와 같은 입자를 사용하게 되면 연마율이 매우 낮아 실용화되기에 큰 어려움이 있다^{3,4)}.

이와 같은 이유로 본 연구에서는 CMP(Chemical Mechanical Polishing)공정을 도입하여 표면 결함의 생성없이 정밀 연마를 수행함과 동시에 연마율 증대를 도

모하도록 하였다.

CMP공정은 silica와 같은 연마입자를 함유한 일정한 pH로 유지되는 슬러리를 사용하여 표면을 정밀 가공하는 공정이다. 본 공정은 슬러리의 pH, 연마입자의 형상 및 입도 분포, 작업 하중 그리고 정반의 회전 속도등이 연마율에 영향을 미치게 되므로 이와 같은 작업 변수를 재료에 따라 선정하여 가공을 실시하게 된다^{5,6)}.

본 실험에서는 langasite의 정밀한 표면 가공을 위해 NH₄OH용액을 사용하여 pH가 12로 유지되며 silica가 10wt% 포함된 상용의 슬러리를 이용한 CMP 공정을 도입하였고, 연마율의 증대를 위해 silica보다 경도가 큰 alumina 분말을 첨가하여 연마율의 증대 및 첨가된 alumina에 의한 표면 특성 변화를 관찰하여 결함 없는 가공 특성을 얻기 위한 슬러리 조건을 제시하고자 하였다^{7,8)}.

2. 실험방법

Czochralski법에 의해 성장된 langasite 단결정을 z방향으로 절단하여 wafer 형태로 준비하였다. 준비된 langasite wafer는 직경과 두께가 각각 28mm, 1mm였으며 이를 Fig. 1에 나타난 CMP 장비로 연마를 하였다. 작업 압력은 약 41.3kPa이었고, 정반 및 시편 장착부의 회전 속도는 50rpm으로 고정하였다. 하부 정반에는 기공이 함유된 Rodel사의 IC1000 모델의 패드를 장착하였으며, DI water와 NH₄OH 용액에 약 0.02~0.05 μ m의 silica 분말이 분산된 Rodel사의 ILD1300슬러리를 사용하였다. 여기에 입도가 0.05 μ m와 0.1 μ m인 alumina 분말을 10wt%를 첨가하여 실험을 실시하였다. 1회 가공시 소모되는 슬러리의 양은 130ml였으

며 상온에서 실험하였고 연마 시간은 20분으로 하였다. 실험 후 패드에는 슬러리와 시편 입자의 잔존물이 흡착되어 있으므로 이를 다시 실험에 이용할 경우 가공율등 실험 조건이 달라지게 된다⁹⁾. 이를 보정하기 위해 패드 conditioning 작업을 실시하였는데, 매 실험 후 2분씩 다이아몬드 입자가 함유된 블록으로 패드를 연마하여 주었다. 연마된 시편을 평가하기 위해 연마율을 조사하였고, 연마입자의 영향으로 발생한 표면의 결함 및 평활도를 관찰하기 위해 SEM(scanning electron microscopy)과 AFM(atomic force microscopy)을 실시하였으며, 시편 표면층의 구조적 변화를 확인하기 위해 Raman Spectrum조사를 하였다

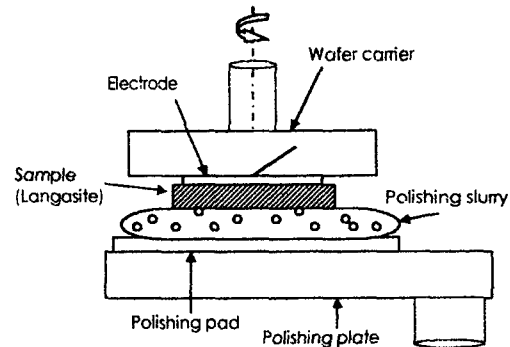


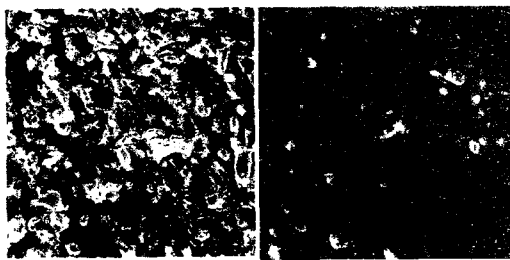
Fig. 1. Schematic view of CMP system.

3. 실험 결과 및 토의.

Fig.2에 연마되지 않은 시편과 연마된 시편의 SEM 사진을 나타내었다. 시편을 연마함에 따라 표면이 매끄러워지는 것을 볼 수 있는데 이로부터 grinding 및 cutting작업시 발생되었던 표면 결함들이 연마에 의해 감소하고 있음을 알 수 있다.

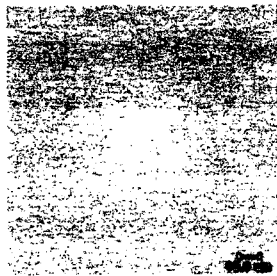
Fig.3에는 슬러리 조성에 따른 시편의 두

게 변화를 나타내었다. 경도가 큰 alumina 입자가 첨가됨에 따라 연마율이 증대됨을 볼 수 있으며 그 차이는 0.05 μ m 입도의 분말 첨가시 보다 0.1 μ m 입도의 분말의 경우에 더 큰 연마율의 증대를 보였다. 한편 첨가된 alumina 분말로 인하여 시편의 표면 변화가 어떻게 이루어졌는지 확인하기 위해 AFM으로 시편의 관찰하였다.



(a) 0 min

(b) 10 min



(c) 20min

Fig. 2. SEM images of langasite before and after CMP; (a) nonpolished, (b) after 10min polishing, and (c) after 20min polishing.

Fig. 4에는 연마되지 않은 시편, silica 분말로 연마된 시편, alumina가 첨가된 슬러리로 연마한 시편의 표면에 대한 AFM 사진을 나타내었다. Fig. 4(a)는 연마되지 않

은 시편의 모습인데 앞의 SEM 결과와 마찬가지로 시편은 매우 거친 표면 모습을 보이고 있고 표면조도값(RMS)도 128Å으로 대단히 높은 값을 보이고 있다. (b)에는 silica 분말로 연마한 시편의 모습인데 표면

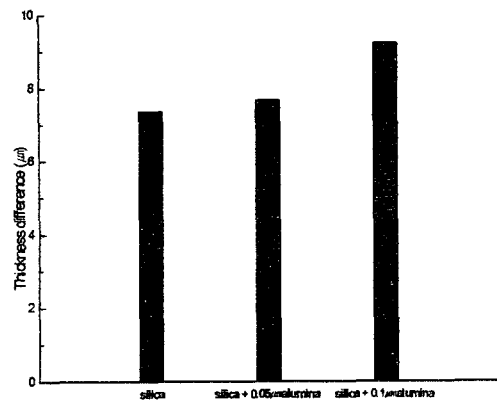
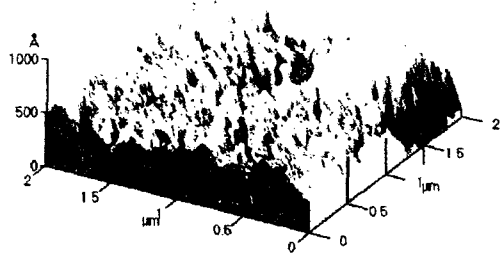
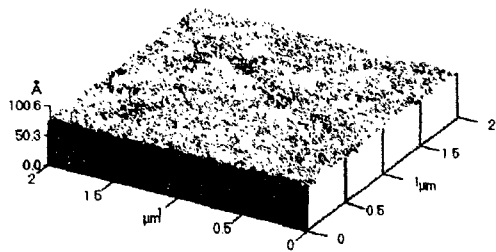


Fig. 3. Thickness difference with various slurry condition.

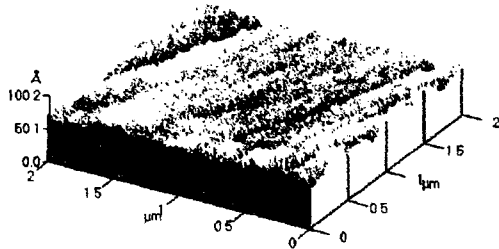
이 부드럽고 표면조도도 3.19Å으로 SAW filter의 기관재로 사용되기에 충분한 표면 형상을 나타내고 있다. 그러나 (c)에 나타난 바와 같이 alumina가 첨가된 슬러리로 연마를 하게 되면 (b)와 비교해서 거친 표면을 보이고 있는데 그림에서처럼 경도가 큰 alumina 입자에 의해 시편의 표면이 ploughing과 같이 강하게 손상되었음을 확인할 수 있었고 표면조도는 7.69Å이었다. 연마율의 증대를 위해 첨가된 alumina에 의해 이와 같이 표면에 손상을 받게 되면 CMP 공정으로 인해 완화되는 잔류 응력과 같은 시편의 구조적 안정성이 완전히 이루어지지 못하여 시편의 성능에 좋지 않은 영향을 줄 것이라 생각된다. 이와 같이 예상되는 시편의 구조적 변화를 확인하기 위



(a)



(b)



(c)

Fig. 4. AFM images of langasite surface; (a) nonpolished specimen, (b) polished with silica slurry, and (c) polished with alumina added slurry.

해 Raman spectrum 분석을 실시하였다.

Fig.5에는 가공하지 않은 시편과 silica

슬러리만 사용한 시편, alumina의 입도를 달리하여 가공한 시편의 Raman 관찰 결과를 나타내었다.

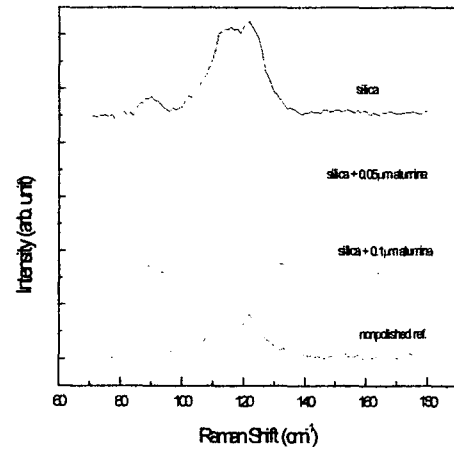


Fig. 5. Raman spectrum of langasite polished with various slurries and nonpolished sample.

가공되지 않은 시편은 주 peak의 면적이 작게 나타났고 이는 grinding 및 cutting 과정에서 유발된 응력으로 인하여 시편에 응력이 유도되어 표면 상태가 불안정한 것으로 생각할 수 있다. 이와 비교하여 silica만으로 가공을 한 경우는 peak의 면적이 크게 나타나 langasite 고유의 vibration mode가 제대로 측정되었음을 알 수 있다. 이는 CMP 공정에 의해 잔류 응력이 완화된 안정상태가 되었고 이로 인하여 시편의 결정화도가 높아졌음을 나타낸다고 볼 수 있다. 즉, CMP 공정은 전단계인 grinding 및 cutting 공정에서 야기된 시편의 잔류 응력을 표면 연마와 함께 완화해주어 완전한 결정구조를 이루도록 하는 역할을 한다

고 생각할 수 있다. 그러나 가공을 증대를 위해 첨가한 alumina는 이와 같은 목적을 달성하는 역할을 보이기 보다는 표면에 결합을 야기시키는 결과를 나타내었고 Raman 결과에서도 알 수 있듯이 CMP 전 단계에서 야기된 잔류 응력을 완전히 완화시키지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 silica로만 이루어진 슬러리로 가공을 하게 되면 연마율이 그리 높지 않기 때문에 실제 공정에 적용하기에는 경제적인 문제가 있게 된다. 따라서 alumina를 적절한 비율로 첨가하고 citric acid와 같은 첨가물을 슬러리에 포함시켜서 cluster를 방지하게 되면 위에 나타난 문제를 해결할 수 있고 가공을 또한 증대시키게 되어 경제적으로 유리할 것이라고 생각된다^{10,11}.

4. 결론

압전기판재료인 langasite($\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$)에 CMP(Chemical Mechanical Polishing)공정을 응용하여 표면 연마를 수행하였다. 가공하기 전의 시편은 전 단계에서 야기된 응력 등으로 인하여 표면 상태가 안정하지 않은 상태였으나 본 공정을 통해 시편의 응력이 완화되었음을 알 수 있었다. CMP 후 시편의 가공율은 평균 $0.37\mu\text{m}/\text{min}$ 이었다. 가공율의 증가를 위해 alumina 분말을 첨가한 경우 가공율의 증대 효과의 긍정적 효과보다는 경도가 큰 alumina 분말의 첨가로 인하여 야기된 표면의 결합의 부정적 효과가 더 크게 나타났다. 그러므로 표면 손상을 적게 하며 연마율을 증대시키는 기술에 대한 연구가 이루어져야겠다.

5. 감사의 글

본 연구는 세라믹공정연구센터(CPRC)의

지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

6. 참고문헌

1. M. Sato et al, "Filter and Resonator Using Langasite," 1996 IEEE Inter. Freq. Control Symp., 379-383, 1994
2. K. Shimamura, H. Takeda, T. Kohno, and T. Fukuda, "Growth and Characterization of Lanthanum Gallium Silicate Single Crystals for Piezoelectric Applications," J. Crystal Growth, 163, 388-392, 1996
3. S. Laffey et al, "Polishing and Etching Langasite and Quartz Crystal," 1994 IEEE Inter. Freq. Control Symp., 245-250, 1994
4. H. Matsushita et al, "Surface Defects in GaAs Wafer Processes," J. Crystal Growth, 103, 448-455, 1990
5. H. Liang, F. Kaufman, R. Sevilla, and S. Anjur, "Wear Phenomena in Chemical Mechanical Polishing," Wear, 211, 271-279, 1997
6. S. R. Runnels and L. M. Eyman, "Tribology Analysis of Chemical Mechanical Polishing," J. Electrochem. Soc., 141(6), 1698-1701, 1994
7. M. Lauwidjaja, G. Popescu, K. Richardson, and A. Dogaiu, "Chemical and Structural Characterization of Aluminum Oxide Slurries," Electrochem. Soc. Proc., 98-7, 235-245, 1998
8. M. C. Pohl and D. Griffiths, "The Importance of Particle Size to the Performance of Abrasive Particles in the CMP Process," J. Electro. Mater., 25(10), 1612-1616, 1996

9. W. Li, D. W. Shin, M. Tomozawa, and S. P. Murarka, "The Effect of the Polishing Pad Treatments on the Chemical Mechanical Polishing of SiO₂ Films," *Thin Solid Films*, 270, 601-606, 1995
10. Q. Luo, D. R. Campbell, and S. V. Babu, "Stabilization of Alumina Slurry for Chemical Mechanical Polishing of Copper," *Langmuir*, 12, 3563-3566, 1996
11. H. Fusstetter, A. Schnegg, D. Graf, H. Kirschner, M. Brohl, and P. Wagner, "Impact of Chemomechanical Polishing on the Chemical Composition and Morphology of the Silicon Surface," 1995 *Mat. Res. Symp. Proc.*, 386, 97-108, 1995