

## 표면탄성과 소자 응용을 위한 $\text{LiTaO}_3$ 단결정 성장

정대식, 노용래, 박병학, 김유성\*

산업과학기술연구소, 무기재료연구분야, 포항, 790-600

\*산업과학기술연구소 신소재부문/포항공과대학 재료공학과, 포항, 790-600

## $\text{LiTaO}_3$ single crystals growth for SAW device application

D.S. Chung, Y.R. Roh, B.H. Park and Y.S. Kim\*

Ceramics Division, RIST, Pohang 790-600, Korea

\*RIST/POSTECH, Pohang 790-600, Korea

요 약 표면탄성과 소자응용을 위하여 완전용융조성, 48.65 mole %  $\text{Li}_2\text{O}$ 에서  $\text{LiTaO}_3$ (LT) 단결정(Y, X-axis)을 육성하였다. 육성된  $\text{LiTaO}_3$ (LT) 단결정의 SAW 소자성능을 확인하기 위하여 photolithography를 거쳐 기본적인 SAW filter를 제작하였다. Yamaju LT Y-cut 단결정 기판과 본 연구에서 제작된 RIST LT Y-cut 단결정 기판에서의 SAW 특성결과를 비교하여 성능을 결정하였다. Yamaju LT 기판에서보다 본 연구에서 육성된 LT 단결정 기판에서 우수한 SAW 성능을 보였다.

**Abstract**  $\text{LiTaO}_3$  (LT) single crystals (Y, X-axis) were grown from the congruent composition, 48.65 mole %,  $\text{Li}_2\text{O}$  for SAW (Surface Acoustic Wave) applications. Basic SAW filters were fabricated on the RIST prepared LT wafers (Y-cut) using photolithography. SAW filter performance was evaluated. The results were compared of the SAW characteristics between RIST prepared LT wafer (Y-cut) and commercial Yamaju wafer (Y-cut). The SAW filter prepared on the RIST grown LT wafer was shown better SAW performances than that of Yamaju wafer.

### 1. 서 론

우수한 압전특성 및 광학적 특성으로 인하

여 TV, VTR용 또는 통신용 SAW(Surface Acoustic Wave) filter 및 resonator로서 폭 넓게 이용되고 있는  $\text{LiTaO}_3$ (LT) 단결정 [1]

은 SAW 소자로서 resonator와 filter의 1989년 일본시장이 2,500억원, 그 중에서 SAW용 LN, LT 단결정의 1990년 일본시장이 150억 원으로 추산된다[2]. 현재 TV, VTR 등 가전 제품에 대부분 사용되고 있음을 감안할 때, 통신시장으로의 응용이 가속화되면 이 분야의 시장은 더 커질 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 본 연구는 당소에서 육성된 LT 단결정의 SAW 소자 응용을 목적으로 하고 있다. 최근의 보고[3, 4]에 의하면 SAW 응용소자에 있어서 SAW filter의 중심주파수 및 SAW 공진자의 공진주파수를 결정하는 SAW 속도가 사용된 결정기관의 조성에 크게 의존하고 있다는 사실이 밝혀졌다. 따라서 SAW 소자의 특성이 사용되는 LT 단결정 기관의 특성에 좌우될 것에 착안하여, 이미 발표[5]된 완전용융조성에서 육성된 LT 단결정의 SAW 응용 가능성을 상용되고 있는 LT 단결정 기관과 비교함으로써 확인하고자 하였다. 육성된 LT 단결정 기관의 표면탄성파(SAW) 특성을 보기 위하여 단일분역화(poling) 공정을 거쳐 웨이퍼를 제작하고 일본 Yamaju 사의 LT 단결정 기관과 같은 조건으로 기본적 SAW(IDT)를 증착하여 시제품 제작과 함께 SAW 특성을 확인하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1. LT 단결정 육성

출발원료로는 Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(99.99%), Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(99.99%)의 원료를 사용하여 이미 당소에서 발표한 완전용융조성[5], 48.65 Li<sub>2</sub>O mole%로 칭량하여 혼합한 후 1350°C에서 3시간 하소된 분말을 1,800g 이리듐(Ir) 도가니(8(OD) × 8(H))에 담아 유도가열법으로 용융하고

회전인상하여 LT 단결정을 육성하였다. 결정 성장을 시작하기 전에 도가니에 하소된 분말은 충분히 균질하게 용융되도록 용융된 후 용융점(m.p.:1650°C)보다 10~20°C 높은 온도에서 1시간 유지하고나서 Y-axis과 X-axis 종자결정(seed crystal)을 용액에 dipping하여 회전 인상하였다. 성장된 단결정의 크기는 45 mm(Φ) × 100 mm(L)였으며 무게는 약 1,000g으로서 전체 1,800g 중 55%에 해당하였다.

### 2.2. 단일 분역화(poling)

LT, LN 단결정들은 성장된 당시에는 완전한 단일 domain을 갖지 않는다. 때문에 단일 분역화 공정이 필요한데 Y-axis LT 단결정에서는 Z-face에 LT 분말 paste를 도포하고 백금전극을 부착하여 furnace내에서 쿼리온도(T<sub>c</sub> = ~610°C) 이상 온도를 높여 유지시킨 후, 서서히 냉각하면서 10 V/cm [6, 7]의 전압을 가하면서 쿼리온도를 지나 상온까지 냉각하였다.

### 2.3. 웨이퍼(wafer) 제작

육성된 단결정을 poling한 후, low speed 시편절단기로 잘라 양면이 평활해 지도록 lapping하였다. lapping 시편은 glass 판에서 9 μm diamond slurry로 grinding한 후, 평탄한 ceramic plate에 부착하여 한면을 glass판에서 3 μm grinding, cloth 위에서 3 μm polish, cloth 위에서 1 μm finish하였다. 초음파세척기로 톨루엔과 아세톤에서 각각 10분 세척하고 증류수에서 10분 세척하였다. 이때 광학현미경으로 표면을 200배 관찰했을 때 scratch, pit 등이 관찰되지 않고 경면연마되었다.

## 2.4. SAW 특성평가

SAW 특성 평가를 위하여 본 연구에서 육성한 LT 웨이퍼 기판과 현재 상용되고 있는 일본 Yamaju사의 LT Y-axis 기판을 세척하고 SAW 진행방향을 Z 방향으로 되도록 IDT(interdigital transducer) 설계방식의 Al 전극패턴을 증착→노광→에칭 순서로 SAW filter를 제작하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. $\text{LiTaO}_3$ 단결정의 육성

LT 단결정의 육성에 관해서는 이미 발표된 바 있다[5]. 당소에서 완전용융 조성으로 발표된 48.65  $\text{Li}_2\text{O}$  mole%에서 육성된 LT 단결정의 모습을 Fig. 1 ((a) Y-axis, (b) X-axis)에 나타내었다.

### 3.2. 단일분역화(poling)

$\text{LiTaO}_3$  단결정의 poling에 관하여 A.A. Ballman [6], H. Iwasaki [7] 등에 의해 보고되었다. A.A. Ballman [6]에 의한 domain reversal(poling 정도)과 가해진 온도, d.c. field와의 관련도표를 참조하여 볼 때, 강유전체의 domain reversal을 위해서는 그 재료의 coercive field 이상의 전압을 가해 주어야 하는데 상온에서는 상당히 높은 전압이 필요하며 이 높은 전압에서는 poling process 도중에 결정내부에 존재하는 공간전하의 field 영역이 국부적으로 생길 수 있어 결정이 파손되는 경우가 많다. 일반적으로 알려진 poling 방법으로 Curie 온도 이상에서 생각하며 poling하는 방법에서는 d.c. field  $\sim 10$  V/cm [6]가 요

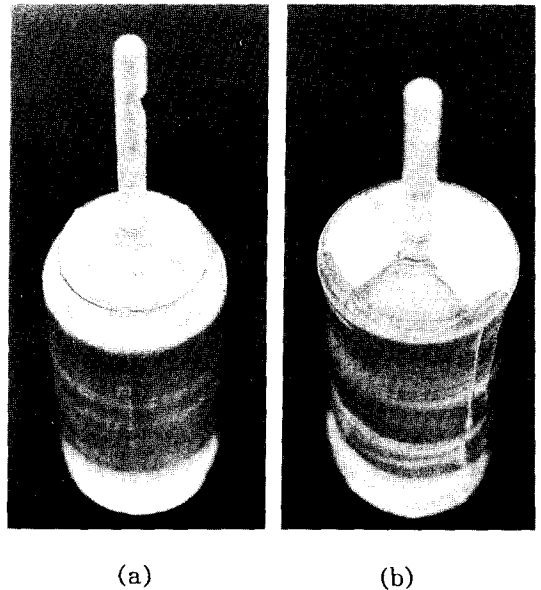


Fig. 1.  $\text{LiTaO}_3$  single crystals grown from the melt of 48.65  $\text{Li}_2\text{O}$  mole %. (a) Y-axis and (b) X-axis.

구된다. H. Iwasaki [7] 역시 Curie 온도 이상에서 생각하면서 d.c. field 10 V/cm를 c-axis를 따라 가해주었을 때 그 결과를 poling 전의 시료와 poling 후의 시료의 etched pattern으로 확인[7]하였는데, 본 연구에서도 poling의 확인은 이 etching 방법을 행하였다.  $2\text{HNO}_3 + 1\text{HF}$ 의 끓는 혼합물에 c-face의 poling 전 결정과 poling 후 결정을 25분 etching한 후 광학현미경으로 표면을 관찰한 결과 Fig. 2에서 볼 수 있는 것처럼 (a) poling 전의 결정은 spontaneous polarization으로 인한 multi-domain이 관찰되었으며 사진에서 더욱 많이 etching된 영역의 negative end와 덜 etching된 영역의 positive end로서 확연히 드러났다. 반면에 (b) poling 후의 결정(-C face)에서는 결정전체가 완전히 삼각형의 hillock들이 방향성을 갖고 배열된 것으로 보아 poling 후 single domain화 되었음을 확인

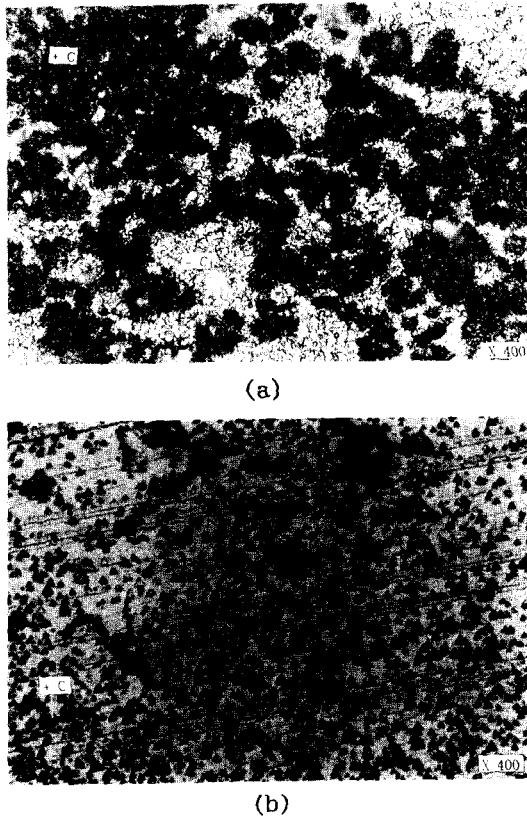


Fig. 2. Photographs of etched surface in LiTaO<sub>3</sub> single crystal. (a) as grown state and (b) after poling state.

하였다.

### 3.3. SAW 특성

압전기판 위에서 SAW를 발진시키기 위해서는 기본형 SAW filter IDT 전극패턴을 설계하고 일련의 반도체 제조공정을 거쳐 기판 위에 Al 전극패턴을 형성하였다. 본 연구에서 제작된 LT Y-cut 기판의 특성을 확인하기 위하여 현재 상용되고 있는 일본 Yamaju 사 제품의 기판과 RIST에서 제작된 LT Y-axis 기판위에 Z 방향으로 SAW가 진행하도록 IDT를 증착한 모습을 Fig. 3에 보였다.

HP network analyzer를 이용하여 제작된 SAW 소자들의 주파수 응답특성을 Fig. 4에 나타내었다. (a)는 Yamaju sample에서의 결과이고 (b)는 RIST sample의 결과이다. 소자 (b)는 bandwidth, ripples의 크기, insertion loss의 관점에서 소자 (a)보다 우수하였다. 이 사실로부터 본 연구에서 육성된 LT 단결정을 SAW 소자 응용용도의 단결정 기판으로 사용하여 우수한 SAW 특성을 구현할 수 있음을 확인하였다.

### 4. 결론

본 연구는 SAW 소자 응용을 위한 LT 단결정의 육성에 관한 것이다. 이미 발표된 48.65 mole% Li<sub>2</sub>O 조성에서 육성된 LT 단결정 재료의 SAW 소자성능을 확인하기 위하여 SAW 발생을 위한 전극 IDT를 증착하여 기본 SAW filter를 제작하였을 때, Yamaju LT Y-cut 단결정 기판에서 보다 본 연구에서 제작된 LT Y-cut 단결정 기판에서의 SAW 특성이 더 우수함을 확인하였다. 이 사실로부터 본 연구에서 육성된 LT 단결정을

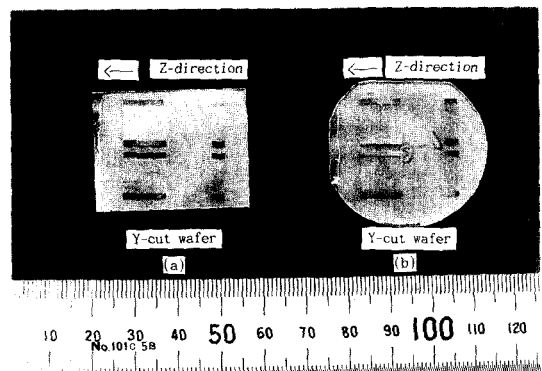
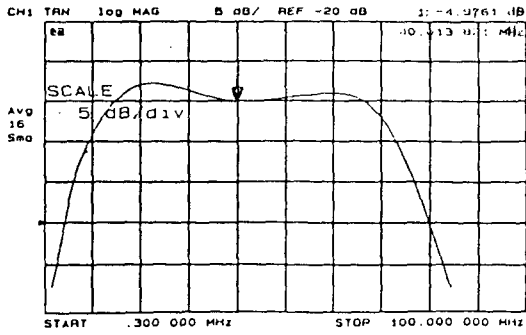
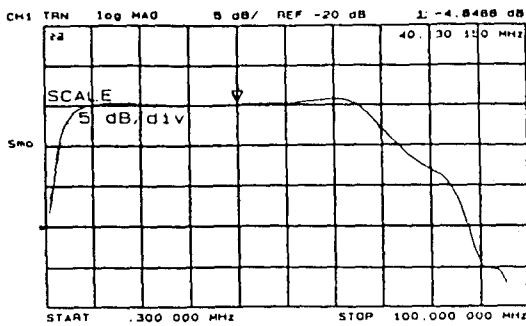


Fig. 3. Photograph of fabricated basic SAW filters. (a) Yamaju sample and (b) RIST grown sample.



(a)



(b)

Fig. 4. The result of frequency responses in basic SAW filters. (a) Yamaju sample and (b) RIST grown sample.

SAW 소자 용도의 단결정 기판으로 사용하였을 때 우수한 SAW 성능이 구현될 수 있음을 확인하였다.

#### 참고 문헌

- [ 1 ] D.W. Rudd and A.A. Ballman, Solid State Technology, January, (1974) 52.
- [ 2 ] 일본, 총합 전자부품연감 1990, p. 559.
- [ 3 ] S. Mastumura, Electronic Ceramics, 21 (1990) 16.
- [ 4 ] K. Yamada, H. Takemura, Y. Inoue, T. Omi and S. Matsumura, Japan J. Appl. Phys., 26-2 (1987) 219.
- [ 5 ] 정대식, 박병학, 김유성, 노용래, 한국결정성장학회지 3 (1993) 99.
- [ 6 ] A.A. Ballman and H. Brown, Ferroelectrics 4 (1972) 189.
- [ 7 ] H. Iwasaki, S. Miyazawa, T. Yamada, N. Uchida and N. Niizeki, Review of the Electrical Communication Laboratories, 20 (1970) 129.