

# 레이저 빔을 이용한 LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 광-전하 전압 측정

박종덕, 주창복, 박남천  
경남대학교 전기전자공학부

## Photocharge Voltage Measurement on the LiNbO<sub>3</sub> Wafers by Using the Laser Beam

Jong-Duck Park, Chang-Bok Joo, Nam-Chun Park  
Division of Electrical and Electronic Engineering Kyungnam Univ.  
nachpa@hanma.kyungnam.ac.kr

### <Abstract>

Electromagnetic wave falling on solid surface acts on the medium with a force. This force brings about a redistribution of surface charges and the surface potential is varied. By measuring this potential variations, the surface electrical properties on conductors, semiconductors and dielectrics can be tested.

In this paper, two dimensional photocharge voltage on the LiNbO<sub>3</sub> wafer induced by He-Ne laser beam, the temperature characteristics and the capacitive coupling test structure for the photocharge voltage measurement for the dielectrical materials are shown.

### I 서론

고체 표면에 전자파가 입사되면 고체 표면의 전하들이 힘을 받게되고 이 힘에 의해서 표면 전하들이 재배치되어서 고체표면 포텐셜이 변화된다. 이 포텐셜 변화를 측정함으로써 도체, 반도체

및 유전체 표면의 전기적 성질을 측정할 수 있으며 이 포텐셜 변화에 의해 발생하는 전압을 광-전하 전압(photocharge voltage : PCV)이라 부른다.[1-2]

비균질 유전체 웨이퍼에 레이저가 입사되면 이 물질의 거리에 따른 유전율의 기울기에 비례하는 힘이 유전체 내부의 쌍극자 분자에 가해지고, 그 결과로 유전체 내부의 전하들이 재배치(redistribution)되어서 이 웨이퍼 양단에 전압이 발생된다[1-5]. 이 전압의 크기는 레이저에 의해서 유도된 표면 전하의 양에 비례하며, 측정 대상 물질의 종류, 표면상태, 온도, 레이저의 강도 등에 따라서 상이하하며 보통 수십  $\mu V$  이하이다. 이 논문에서는 17mW He-Ne 레이저를 이용하여 3-inch LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 2차원적 위치에 따른 광-전하 전압을 락인 증폭기(lock-in amplifier)와 용량성 결합방법을 이용하여 비파괴적으로 측정하는 방법, 그 측정 결과 그리고 이 전압의 온도 특성을 제시한다. 이 결과는 LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 이차원적인 위치에 따른 전기적 특성의 균질성 파악에 이용될 수 있으며, 이 균질성 파악에 의해서 이 웨이퍼 위에 제조될 소자(SAW:surface acoustic wave 소자 등) 특성의 예측 및 소자 생산에 있어서 공정관리 및 생산성 향상에 이용 가능할 것으로 판단된다.

## II 실험 및 결과

### 1. 실험방법

이 실험에서 사용된 레이저는 17[mW] He-Ne 레이저를 이용하였다. 레이저의 조사에 의해 고체에서 발생하는 전압은 반도체의 경우 보통 수십 [mV] 이하이며 도체 그리고 유전체는 수십 [ $\mu$ V] 이하이다.

측정시 주위 또는 측정기기에서 발생하는 잡음으로 인해서  $\text{LiNbO}_3$ 에서 발생된 신호는 잡음이 많이 포함된다. 따라서 락인 증폭기를 이용하여  $\text{LiNbO}_3$  웨이퍼에서 발생되는 전압을 측정하였으며, 그 측정 불확도를 그림 1에 나타내었다. 초퍼를 이용하여 레이저를 초핑한 후  $\text{LiNbO}_3$  웨이퍼에 조사하고 이 웨이퍼에서 발생된 전압은 전치 증폭기에서 증폭된 후 락인 증폭기로 입력된다. 초핑 주파수는 45Hz이었다.

그리고 측정 샘플에 대한 방해 신호의 영향을 최소화하기 위해서 측정 대상 샘플을 알루미늄 상자에 넣고 측정하였다.

유전체의 광-전하전압을 비파괴적으로 측정하기 위한 용량성 결합구조를 그림 2에 나타내었다. 측정 대상 샘플을 투명 전극 위에 놓고, 샘플의 광-전하 전압은 샘플위에 놓인 알루미늄 포일(foil)에서 얻는다.

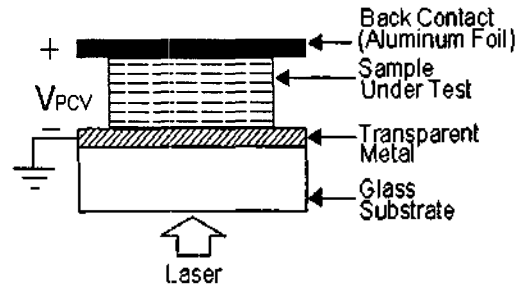


Fig.2 Capacitive contact for the photocharge voltage measurement on dielectric materials.

### 2. 실험결과 및 고찰

50W 할로젠 램프의 광을 렌즈로 집속하여  $\text{LiNbO}_3$  웨이퍼의 연마된(polished) 표면과 그 반대 표면(거친 표면 : unpolished surface)에 조사했을 때 발생하는 전압의 파형을 각각 그림 3 및 그림 4에 나타내었다. 이 그림에서 펄스 파형은 기계적인 초퍼에서 발생하는 전압의 파형이며, 이 파형에서 전압이 높은 상태 일 때 측정 대상 샘플에 광이 조사된다. 발생된 전압의 극성은 연마된 표면은 그림 3에서와 같이 음이었고, 그 반대 표면은 그림 4와 같이 양이었다. 즉 양쪽 표면의

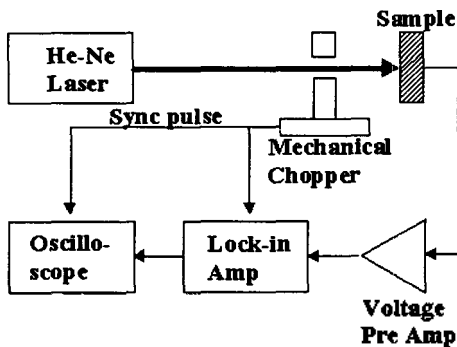


Fig.1 Experimental setup for the photocharge voltage measurements.

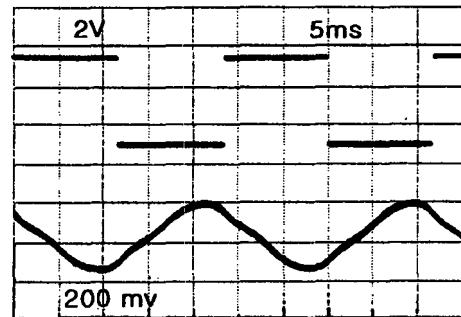


Fig.3 The photocharge voltage waveform for a polished surface of  $\text{LiNbO}_3$  wafer by incident light of 50W halogen lamp.

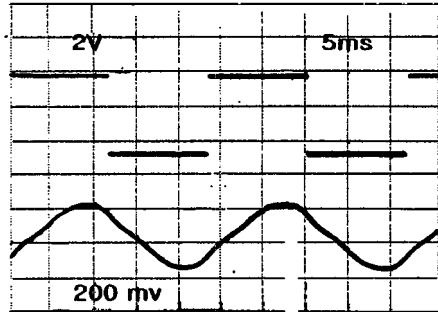


Fig.4 The photocharge voltage waveform for a unpolished surface of LiNbO<sub>3</sub> wafer by incident light of 50W halogen lamp

전압 극성은 서로 상이하였다. 이와 같이 양쪽 표면의 전압 극성이 상이한 것은 유전체에 유도되는 광-전하 전압이 유전율 기울기에 비례하는 힘에 의해서 발생하는 것에 기인한 것으로 판단된다.

3 인치 LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼(128° oriented)의 위치에 따른 2차원 광-전하 전압을 측정하여 그림 5에 나타내었다. 웨이퍼의 가장자리와 중앙의 전압이 크게 나타났다. 이러한 결과는 웨이퍼의 제조 과정에서 웨이퍼의 위치에 따른 결정 결함 밀도와 관련된 것으로 생각된다.

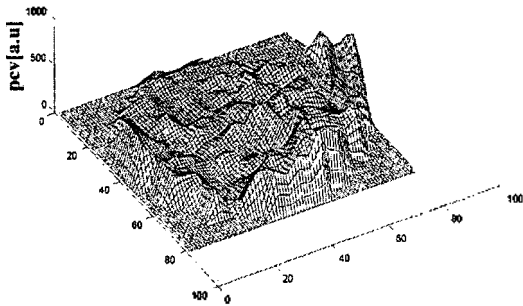


Fig.5 Two dimensional photocharge-voltage on 3inch LiNbO<sub>3</sub> (128° oriented) wafer.

LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 레이저 빔의 세기에 따른 광-전하 전압을 측정하여 그림 6에 보였다. 이 실험 과정에서 레이저빔의 세기는 중성 밀도 필터(neutral density filter)를 이용하여 변화시켰다.

이 그림에서 광학적 밀도 D는 투과도(transmittance) T와 식 (1)과 같은 관계가 있다.

$$D = \log(1/T) \quad (1)$$

D=0일 때 레이저 빔의 세기는 17[mW]이다.

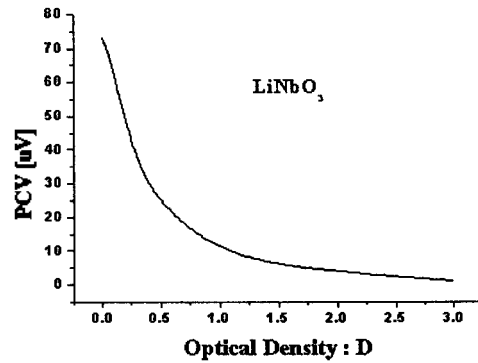


Fig.6 Relationship between photocharge voltage of LiNbO<sub>3</sub> wafer and optical density.

LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 30℃에서 70℃까지의 온도 변화에 따른 광-전하 전압의 크기를 그림 7에 보였다. 온도가 증가하면 광-전하 전압도 거의 선형적으로 증가하였다. 이 결과에 대한 기구(mechanism)은 보다 연구되어야 할 과제이다.

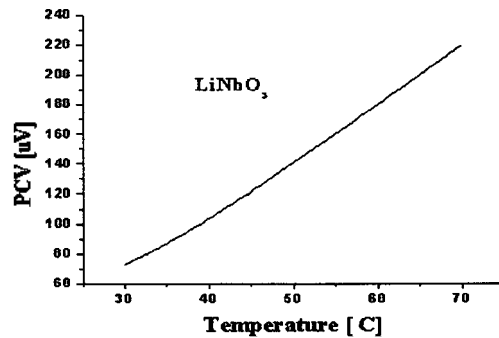


Fig.7 Relationship between photocharge voltage of LiNbO<sub>3</sub> wafer and temperature.

### III 결론

이 논문에서는 17mW He-Ne 레이저를 이용하여 3-inch LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 광-전하전압을 락인 증폭기와 용량성 결합방법을 이용하여 비파괴적으로 측정하는 방법, LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 2차원적 위치에 따른 전압 그리고 이 전압의 온도 특성의 실험 결과를 제시하였다. 이 결과는 LiNbO<sub>3</sub> 웨이퍼의 이차원적인 위치에 따른 전기적 특성의 균질성 파악에 이용될 수 있으며, 이 균질성 파악에 의해서 이 웨이퍼 위에 제조될 소자(SAW:surface acoustic wave 소자 등) 특성의 예측 및 소자 생산에 있어서 공정관리 및 생산성 향상에 이용 가능할 것으로 판단된다. 그리고 이를 위해서는 보다 많은 웨이퍼에 대한 광-전하 전압의 측정과 측정된 각 웨이퍼 간의 전압 상관관계 그리고 압전 웨이퍼의 각 위치에 따른 광-전하 전압의 크기와 그 위에 제조된 소자의 특성과의 상관 관계 등에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- [1] V. I. Pustovoit, M. Borisov and O. Ivanov "Photon Charge Effect in Conductors", Physics Letter A , Vol 135 , No 1 , pp 59-61 (1989)
- [2] V. I. Pustovoit, M. Borisov and O. Ivanov "Surface Photocharge Effect in Conductors", Solid State Communications, Vol. 72, no. 6, pp. 613-619, (1989).
- [3] O. Ivanov, V. Mihailov, V. Pustovoit and P. Das, Comptes rendus de l'Academie buldgare des Sciences, Tom 47, n. 6, p. 21, (1994)
- [4] N.C. Park, A.abbate, P. Das "Application of Laser Induced Photocharge Voltage Spectroscopy in Semiconductor Testing" Microelectronic Engineering, 31,

227-234, Elsevier (1996)

- [5] V.L. Ginzburg, Theoretical Physics and Astrophysics, Chapter 13, p. 326. Nauka, Moscow (1981).
- [6] L.D, Landau & E.M. Lifshitz, Electrodynamics of Continuum, p.95 Nauka, Moscow (1982).