

이송 중 액체오염 검출센서 개발에 관한 연구

정이하*** · 김병한** · 홍주표**†

†*한국기술교육대학교 디자인공학과, ** (주)에스지엠

Study on the Sensor Development for Liquid Contamination during Delivery

Yi Ha Jeong***, Byung Han Kim** and Joo-Pyo Hong**†

†*Department of Industrial Design Engineering, KOREATECH, **SGM Co., Ltd.

ABSTRACT

Previously proposed contamination detecting sensor was revisited for the investigation of the liquid tendency. Experiments revealed different output voltages for several kinds of liquid input, but showed same values for various flow rates of each liquid. The transmittance of the liquid was measured, and it is well correlated with the voltages. Linearity in values and the compensation of the sensor to sensor deviation were tried to obtain. And, long term test was performed as attached at the manufacturing equipment in the field.

Key Words : contamination detection, transmittance, liquid delivery, flow rate, semiconductor manufacturing

1. 서 론

반도체, LCD, LED 공정용 장치에서는 공정의 용도에 따라 여러 가지 종류의 기체 및 액체 재료를 사용하고 있다. 대표적인 첨단 제조기술인 ALD (atomic layer deposition) 공정에 사용되는 소스(source) 원료는 증기압이 높으며 열분해특성이 나타나지 않는 전구체(precursor)를 사용한다. 이러한 특성을 가지는 원료는 주로 액체(liquid) 상태로 공급되며, 반응기(chamber)에 유입되기 직전에서 기화기를 사용하거나 증기압의 차이로 기화시켜 사용한다[1]. 일반적인 반도체 공정에서도 반도체 기판을 세정(cleaning)하거나 패터를 식각(etching)하는 용도로 다양한 습식용액(wet chemical)을 사용하고 있다. 이러한 액체 재료들은 원료 탱크에서 반응기나 기화기까지 액체 상태로 운반하는데, 높은 순도와 이물질이 없는 상태를 유지해야 하며 기체가 혼합된 상태로 공급되지 않아야 한다.

오염 관점에서, 입자의 크기와 분산도에 관한 지식을 확보하는 방안으로는 전자현미경이나 광산란을 이

용하는 등 다양한 연구가 이루어져 왔다. 그러나, 아직 대부분은 측정을 위해 시료의 농도를 희석하거나, 실시간 측정이 어렵거나, 불규칙 형태의 입자 측정에 어려움이 있다[2,3]. 반도체 공정용 반응기를 거쳐 나온 펌프 구간에 ISPM (in-situ particle monitor)이나 SPOES (self-plasma optical emission spectroscopy) 등을 설치하여 부산물 상태를 점검하거나, 반응기에 QMS (quadruple mass spectrometer)를 장착하거나 장에 OES (optical emission spectroscopy)를 부착하여 공정 상태를 확인할 수 있으나, 반응기로 유입되는 원료의 오염 상태를 검출할 수는 없다[4,5].

우리는 원료 탱크에서 반응기나 기화기까지 이송할 때의 오염을 검출하기 위하여, LED 광원을 이용한 검출장치를 고안, 설계 및 제작하였다. 기초 실험을 수행한 결과, 기체의 종류와 유량에 따른 출력전압의 차이는 없었으며, 장치의 항상성을 확인하였다. 기체 오염의 검출능력을 확인하기 위한 증기와 연기를 주입하면 전압 강하가 발생하였으며, 오염유체의 농도가 열리면 일반 기체에 대응하는 전압으로 되돌아갔다[6].

액체의 경우에는 종류에 따라 출력전압의 차이가 있는데, 본 연구에서는 실험장치를 구성하고 유량에 따른

†E-mail : joopyo@koreatech.ac.kr

차이가 있는지 실험하였으며, 유체의 종류와 광학특성과의 상관관계를 구하고자 하였다.

관관계를 도출하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 시험장치 구성

서로 다른 액체를 공급할 수 있는 공급장치에 유량조정이 가능한 유량계를 설치하였다. 액체 공급경로의 배관구조는 Fig. 1 과 같다. 오염검출장치는 Fig. 2와 같이 550 nm파장의 LED광원과 CdS 센서(photo cell)를 사용하였다. 오염검출장치는 헬륨(He) 가압 및 24 시간 방치압력을 검사하여 누설(leak)이 없음을 확인하였다.

2.2. 실험 및 측정 방법

액체 종류에 따른 오염검출장치의 전압변화를 파악하기 위해 순수(deionized water), IPA (isopropyl alcohol)와 혼합 정도를 가지는 액체 2종류를 사용하여 검출장치에서 확인되는 전압을 비교하였다. 실험은 상온인 23°C에서 수행하였다.

각 액체의 물리적 특성은 보편적 자료를 이용하거나[7], 분광측색장치인 Shimadzu사의 UV-2550모델을 사용하여 파장 별 광학 특성을 측정하였으며, 이를 이용해 상

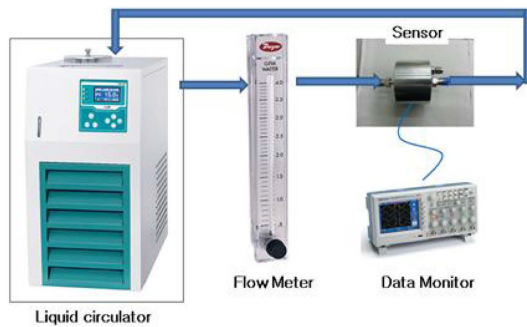


Fig. 1. Liquid delivery line for test.

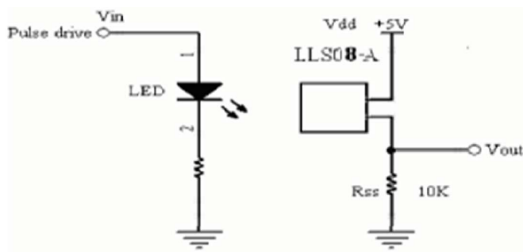


Fig. 2. Equivalent circuit for the sensor.

3. 결과 및 고찰

3.1. 액체 종류 및 유량에 따른 전압 변화

검출장치 내부로 액체를 유입하였을 때 전압이 증가하는 경향을 확인하였고 Fig. 3에 표현하였다. 이는 장치 내부에 기체가 존재하는 상태에서 액체가 유입되어 발생한 결과로 유입 시키기 전과 유입 이후의 전압을 비교하였다. 일반기체의 경우 종류에 따른 출력전압이 동일하였으나, 액체의 경우 종류에 따른 출력전압이 다르므로 센서 보정이 필수적이다.

순수와 IPA에 대하여 유량을 0~20 SLM으로 변화시켜가며 측정하였는데, 일정한 출력전압을 나타냈으며, 그 결과를 Fig. 4와 Fig. 5에 도시하였다. 기체나 액체나 유량 변화가 있어도 변화하지 않으므로 센서로서 항상성이 있는 것으로 나타났다.

액체가 유입될 때 기포를 포함하는 경우에는 출력전압 값의 흔들림이 발생하며, 이는 공정 특이사항으로 검출 가능성이 높다. 시간에 따라 IPA를 유입하며 공

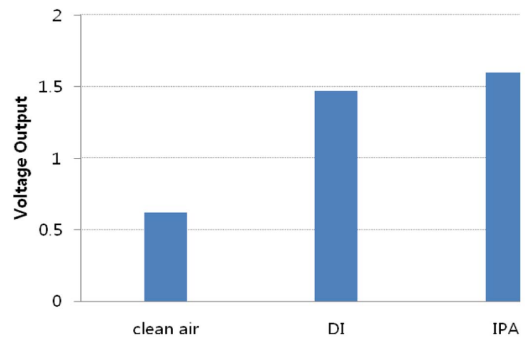


Fig. 3. Voltage out according to liquid charge.

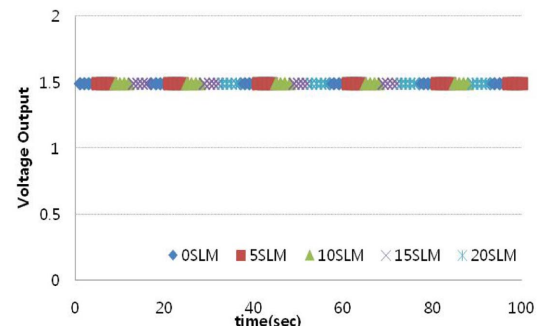


Fig. 4. Voltage vs seconds for various DI flow rates.

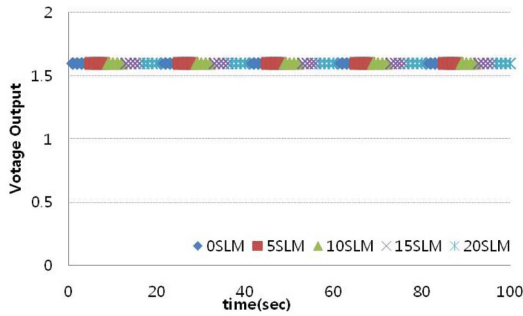


Fig. 5. Voltage vs seconds for various IPA flow rates.

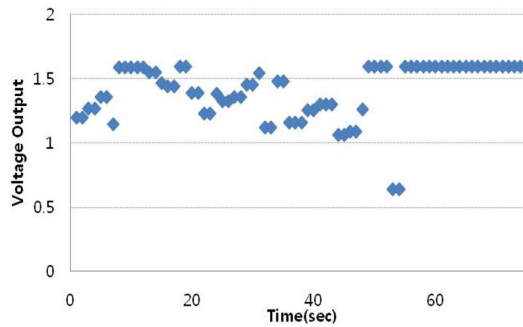


Fig. 6. Voltage haunts with air bubbles when IPA flows in.

기가 유입될 때의 흔들림과, 기포가 없어진 후의 일관된 전압이 나타남을 Fig. 6에 나타내었다. 전압의 흔들림은 검출장치 내부가 기체 상태일 때 액체가 유입되면서 기체와 액체가 혼합되는 구간이 발생하는 것으로 액체가 충분히 유입되어 기포가 제거되면 안정된 출력 전압을 나타낸다. 따라서 기포가 없는 액체상태의 유체를 공급하여야 하는 장치의 경우 기포를 검출할 수 있는 장치로 사용이 가능하다.

3.2. 액체 종류별 특성 분석

유체와 검출특성과의 관계를 이해하기 위해 기본적인 물질 특성을 조사하여 출력전압과 Table 1에 나타

Table 1. Material properties and voltage out

| material | He | O2 | DI | IPA |
|------------------|---------|--------|--------|-------|
| refractive index | 1.02 | 1.22 | 1.33 | 1.37 |
| density[g/cc] | 0.00016 | 0.0013 | 0.9982 | 0.786 |
| voltage [V] | 0.62 | 0.62 | 1.48 | 1.59 |

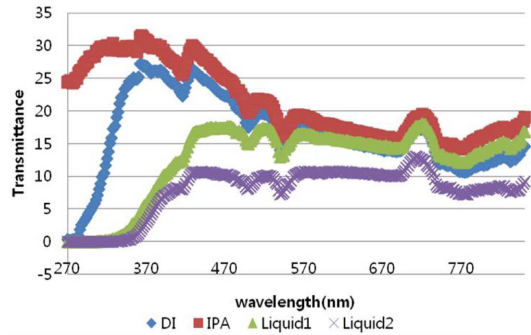


Fig. 7. Transmittance vs wavelength to liquid types.

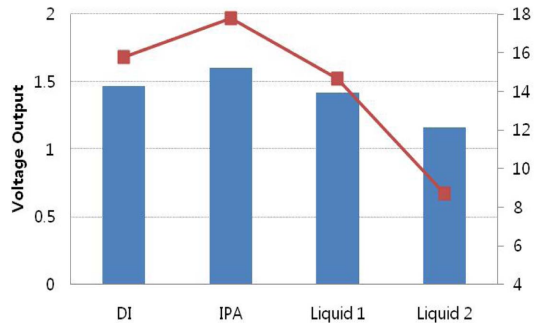


Fig. 8. Voltage vs transmittance according to liquids.

내었다. 실험에 사용한 기체와 액체의 굴절률과 밀도가 출력전압과 일차적인 관계가 있는 것으로 보이지는 않는다.

일반적으로 유체는 고유한 굴절률과 매질의 밀도차이에 따른 투과율을 가진다. 그리고 투과율은 투과되는 빛의 파장에 따라서 다른 특성을 나타낸다.

유체의 종류에 따른 차이 및 액체가 오염된 것을 모사하기 위하여 오염이 없는 상태의 순수, IPA, 혼탁 정도가 다른 액체 2종을 검출장치에 유입하였을 때의 출력전압과 분광측색 장치로 투과율을 측정하였다. 각 액체에 대한 분광측색 결과 투과율을 Fig. 7에 나타내었으며, 센서의 광원인 550 nm에 해당하는 투과율과 출력전압을 Fig. 8에 비교하였다.

이로부터 식 (1), (2)와 같은 상관관계를 도출할 수 있었으며, Fig. 9와 Fig. 10에 나타내었다. 여기서 y는 출력전압이며, x는 투과율이다.

$$y = 0.0018 x^2 + 0.001 x + 1.0154 \quad (1)$$

$$y = 0.0473 x + 0.74 \quad (2)$$

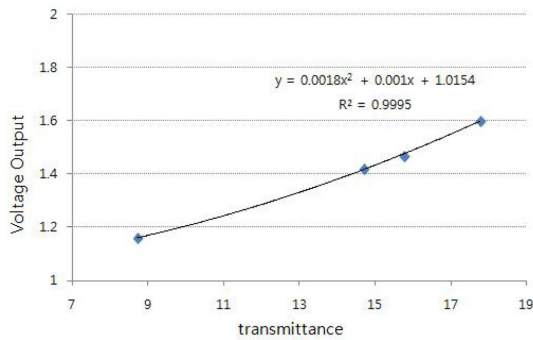


Fig. 9. Correlation between voltage vs transmittance (1).

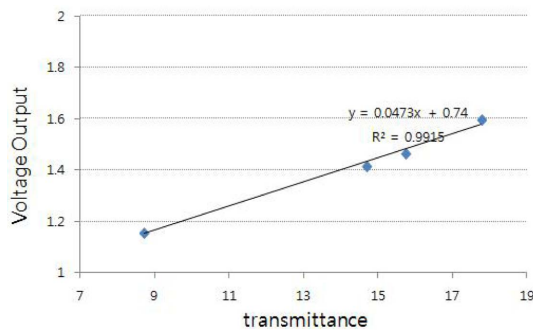


Fig. 10. Correlation between voltage vs transmittance (2).

4. 결 론

본 연구에서는 LED 광원을 적용한 오염검출장치를 설계 및 제작하여, 반도체 공정장비의 액체에 대한 공 급유체 및 배관의 오염검출용으로 적용한 실험적 연구를 수행하였다.

액체가 유입되면 전압의 크기가 증가하며, 초기 액체가 유입되는 시점에 기포가 발생하는 구간에서는 전압의 변화가 발생한다. 이를 통해 기체와의 혼합 등 이상 징후를 포착할 수 있다.

액체의 종류 별로 다른 전압을 발생하는데, 액체의 투과율과 선형성에 가까운 매우 강한 상관관계를 나타내었다. 이를 이용해 액체 원료의 종류에 따른 보정이 가능하다.

유체의 유량에 따른 출력전압의 차이는 없었으며, 장치의 항상성을 확인하였다. 반도체 제품별 공정 레시피가 다르더라도 오염검출장치의 신호는 그대로 나오게 되어 효과적이다.

반도체 공정 장치에서 사용되는 조건에서 사용될 수

있도록 센서에 미칠 수 있는 외부 영향을 고려하였다 [8,9]. 센서의 선형 특성을 확보하고, 센서간 오차를 보정하였으며, 공간제약 및 사용조건을 상황에 따라 다양하게 적용할 수 있도록 구현하였다. 이 오염검출장치는 현장에서 사용하는 플라즈마 공정장비에 장착하여 장기 모니터 하며 장비 운용에 응용하였다.

참고문헌

1. Hwang, C. J., "ALD (Atomic Layer Deposition) Process Technology in the Semiconductor Industry," Physics & High Technology, Jan/Feb, pp.37-41, (2012). DOI: 10.3938/PhiT.21.006
2. Cho, K. S., Shin, J. S., and Kim, J. H., "Measurement of Particle Size and Particle Size Distribution," Polymer Science and Technology, Vol. 15, No. 2, pp.198-208, (2004).
3. Shin, E. C., Cho, S. J., Ryoo, H. N., Shelefontyuk, D., and Kim, D. H., "Development of Optical Particle Counter (OPC)," Optical Society Korea Summer Meeting, pp.280-281, (2004).
4. Bae G. N., "Investigation of the Performance Characteristics of an In-Situ Particle Monitor at Low Pressures Using Aerodynamic Lenses," J. KSME B, Vol.24, No.10, pp.1359-1367, (2000).
5. Lee, C. H., Jeon, K. M., Shin, J. S., Yun, J. Y., Cho, S., and Kang, S. W., "The Development of the Contamination Prevention Module of an Optical Window Using Ultrasonic Waves," J. of the Korean Vacuum Society, Vol.22, No.4, pp.175-180, (2013).
6. Jeong, Y. H., Kim, B. H., and Hong, J. P., "A study on the device development for the contamination detection in the delivery line," J. of KSDT, vol.14, No.1, pp.45-49, (2015).
7. www.matweb.com
8. Lee, K, Kim, Q. H., and Jhe, W., "Novel Research on a Nano liquid: Application to the Study of Light-induced Super wetting on TiO₂," Physics & High Tech., Sep., pp.24-30, (2014). DOI: 10.3938/PhiT. 23.035
9. Ko, K. S., Lee, J. H., Yoo, J., Lee, M. S., Lee, J. D., Hyun, H. N., and Kim, Y. G., "Optimum Conditions of Sample Preparation for Measuring Tea Extract Color Using Color Difference Meter," J. of The Korean Tea Society, Vol.17, No.1, pp.34-40, (2011).

접수일: 2016년 6월 7일, 심사일: 2016년 6월 16일,
 게재확정일: 2016년 6월 22일